



TUGAS AKHIR TK 145501

**PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI LIMBAH  
TEMPURUNG SIWALAN (*BORASSUS FLABELLIFER*  
L.) DENGAN MENGGUNAKAN AKTIVATOR SENG  
KLORIDA ( $\text{ZnCl}_2$ ) DAN NATRIUM KARBONAT  
( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )**

Ika Silvia Anggraeni  
NRP. 2312 030 066

Linda Eka Yuliana  
NRP. 2312 030 076

Dosen Pembimbing  
Ir. Agung Subyakto, MS

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT TK 145501

**PRODUCTION OF ACTIVATED CARBON FROM  
WASTE OF SIWALAN SHELL (*BORASSUS  
FLABELLIFER L.*) USING ACTIVATOR ZINK  
CHLORIDA ( $\text{ZnCl}_2$ ) AND SODIUM CARBONAT  
( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )**

Ika Silvia Anggraeni  
NRP. 2312 030 066

Linda Eka Yuliana  
NRP. 2312 030 076

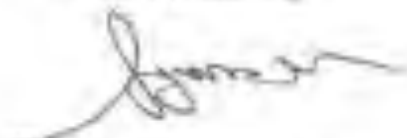
Lecturer  
Ir. Agung Subyakto, MS

**DEPARTMENT DIPLOMA OF CHEMICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :**  
**PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI LIMBAH**  
**TEMPURUNG SIWALAN (*BORASSUS***  
***FLABELLIFER L.*) DENGAN MENGGUNAKAN**  
**AKTIVATOR SENG KLOORIDA ( $ZnCl_2$ ) DAN**  
**NATRIUM KARBONAT ( $Na_2CO_3$ )**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing



Ir. Agung Subwikto, MS

NIP. 19580312 198601 1 001

Mengetahui

Ketua Program Studi

D III Teknik Kimia FTI-ITS

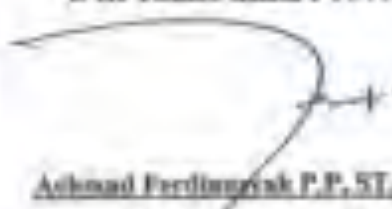


Ir. Badi Setiawan, MT

NIP. 19540220 198701 1 001

Koordinator Tugas Akhir

D III Teknik Kimia FTI-ITS



Achmad Ferdinandyak P.P., ST., MT

NIP. 2380201300002

## LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 17 Juni 2015, untuk tugas akhir dengan judul **"Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Siwalan (*Borassus Flabellifer L.*) Dengan Menggunakan Aktivator Seng Klorida ( $ZnCl_2$ ) dan Natrium Karbonat ( $Na_2CO_3$ )"**, yang disusun oleh :

Ika Silvia Anggraeni  
Linda Eka Yuliana

(2312 030 066)  
(2312 030 076)

Mengetahui/menyetujui  
Dosen Penguji



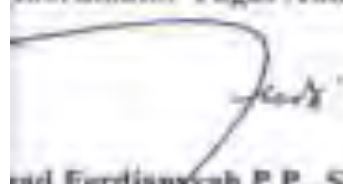
Ir. Ir. Lily Pudjastuti, MT  
NIP. 19580703 198502 2 001



Suidah Alrway, ST, MT, M.Sc  
NIP. 19880818 201212 2 002

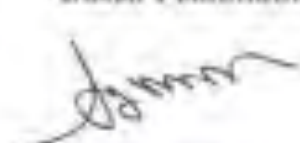
Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir



Ir. Ferdiandyah P.P., ST, MT  
NIP. 2300201308002

Dosen Pembimbing



Ir. Agung Subvanto, MS  
NIP. 19580312 198601 1 001

## **Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Siwalan (*Borassus Flibellifer L.*) Dengan Menggunakan Aktivator Seng Klorida ( $\text{ZnCl}_2$ ) dan Natrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )**

Nama Mahasiswa : 1. Ika Silvia Anggraeni (2312 030 066)  
2. Linda Eka Yuliana (2312 030 076)  
Program Studi : D III Teknik Kimia FTI-ITS  
Dosen Pembimbing : Ir. Agung Subyakto, MS

### **ABSTRAK**

*Limbah tempurung siwalan merupakan bahan sisa yang belum dimanfaatkan secara optimal. Di masyarakat tempurung siwalan hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar atau kayu bakar. Padahal kandungan selulosa pada tempurung siwalan dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif untuk menyerap logam-logam berat. Untuk memanfaatkan limbah tersebut, maka dalam percobaan ini tempurung siwalan diolah menjadi karbon aktif. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk membuat karbon aktif dari limbah tempurung siwalan yang sesuai dengan SNI 06-3730-1995 dan mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  terhadap hasil uji analisa proximate dan iodine number pada daya serap karbon aktif dari tempurung siwalan. Dalam percobaan ini pembuatan karbon aktif dilakukan melalui 3 proses yaitu proses karbonisasi, aktivasi, dan dehidrasi. Tempurung siwalan dikarbonisasi kedalam furnace pada temperature  $300^\circ\text{C}$  selama 1 jam, kemudian menghancurkan arang tempurung dengan ayakan lolos 6,3 mm. Selanjutnya, dilakukan aktivasi kimia dengan  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30 % selama 24 jam. Setelah itu, dilakukan pengujian terhadap sampel karbon aktif yang meliputi; uji analisa proximate dan uji bilangan iodine. Pada percobaan ini karbon aktif tempurung siwalan yang memenuhi SNI 06-3730-1995 adalah tempurung siwalan yang diaktivasi dengan  $\text{ZnCl}_2$  15 %, 20 %, 25 %, dan 30 % sedangkan untuk aktivator  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang memenuhi pada konsentrasi 20 %, 25 %, dan 30 %. Semakin meningkatnya konsentrasi aktivator dari 5 % hingga 30 % pada aktivator  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , maka penurunan terjadi pada nilai kadar air sebesar 3,2370% dan 2,8504%, kadar abu sebesar 6,7354% dan 1,9756%, dan kadar zat menguap sebesar 3,2040% dan 0,5326%. Sedangkan terjadi peningkatan pada kadar karbon terikat sebesar*

0,4721% dan 0,1215%, serta bilangan iodin sebesar 7,8864% dan 7,1268%. Penambahan konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  20 % diperoleh daya serap terhadap iodin sebesar 758,1 mg/g. Hal ini, lebih ekonomis daripada penambahan aktivator  $\text{ZnCl}_2$  15 %.

**Kata kunci : limbah tempurung siwalan, karbon aktif, karbonisasi, aktivasi, bilangan iodine**

## Production of Activated Carbon from Waste of Siwalan Shell (*Borassus Flabellifer* L.) Using Activator Zink Chlorida ( $\text{ZnCl}_2$ ) And Sodium Carbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

Name of Student : 1. Ika Silvia Anggraeni (2312 030 066)  
2. Linda Eka Yuliana (2312 030 076)  
Department : Diploma of Chemical Engineering FTI-ITS  
Lecturer : Ir. Agung Subyakto, MS

## ABSTRACT

The waste of siwalan shell is remain material which is not used optimally. In public, siwalan shell is only used as fuel or firewood. Actually, the cellulose content in siwalan shell can be used as raw material of activated carbon production for adsorption heavy metals. To utilize this waste, so in this siwalan shell trial is processed to be activated carbon. The purpose from this trial is to make activated carbon from siwalan shell whose fit with SNI 06-3730-1995 and to determine the influence of concentration on activator  $\text{ZnCl}_2$  and  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  at proximate analyze test result and iodine number for adsorption of activated carbon from siwalan shell. At this trial production of activated carbon is done through three processes, they called the process of carbonization, activation, and dehydration. Siwalan shell is carbonated in furnace at temperatures of  $300^\circ\text{C}$  for 1 hour, and then to shatter shell charcoal with a sieve 6,3 mm. Furthermore, it is done chemical activation with  $\text{ZnCl}_2$  and  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  at concentration 5%, 10%, 15%, 20%, 25% and 30% for 24 hours. After that, it is done a test to activated carbon sample. There are proximate analysis test and iodine numbers test. On this trial, the activated carbon of siwalan shell whose passed SNI 06-3730-1995 is siwalan shell that is activated with  $\text{ZnCl}_2$  15%, 20%, 25%, and 30%, while for activator  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  whose is passed concentration activator 20%, 25%, and 30 %. The more increase activator concentration from 5% to 30% at activator  $\text{ZnCl}_2$  and  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , so the decrease occurred in the value of moisture content by 3,2370% and 2,8504%, ash content by 6,7354% and 1,9756%, and volatile matter content by 3,2040% and 0,5326%. Even it happens, the increasing on fixed carbon content by 0,4721% and 0,1215%, and iodine number by 7,8864% and 7,1268%. The addition concentration  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  20% is

*obtained adsorption to iodine by 758,1 mg/g. This case shows that it is more economical than adding activator  $\text{ZnCl}_2$  15%.*

***Keywords : the waste of siwalan shell, activated carbon, carbonization, activation, iodine number***



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI LIMBAH TEMPURUNG SIWALAN (*BORASSUS FLIBELLIFER L.*) DENGAN MENGGUNAKAN AKTIVATOR SENG KLORIDA ( $\text{ZnCl}_2$ ) DAN NATRIUM KARBONAT ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )**”.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi tahap Diploma di Program Studi DIII Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Dengan ini kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Ir. Budi setiawan, MT selaku Ketua Program Studi D III Teknik Kimia FTI-ITS.
2. Achmad Ferdiansyah P.P., ST. MT selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi D III Teknik Kimia FTI-ITS.
3. Ir. Agung Subyakto, MS selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir FTI-ITS.
4. Seluruh Dosen, staff dan karyawan Program Studi D III Teknik Kimia FTI-ITS.
5. Kedua orang tua kami yang telah memberikan doa restunya dan mendukung secara moril maupun materiil..
6. Rekan-rekan penelitian di Laboratorium Teknologi Pengolahan Limbah serta teman se-Angkatan atas segala kerjasama dan dukungan yang telah diberikan.

Kami menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran sangat kami harapkan. Akhirnya kami berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GRAFIK .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1. Latar Belakang .....	I-1
I.2. Perumusan Masalah .....	I-5
I.3. Batasan Masalah .....	I-5
I.4. Tujuan Inovasi Produk .....	I-5
I.5. Manfaat Inovasi Produk .....	I-6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1. Siwalan ( <i>Borassus flabellifer</i> Linn.) .....	II-1
II.2. Karbon Aktif ( <i>Activated Carbon</i> ) .....	II-3
II.3. Syarat Mutu Karbon Aktif .....	II-6
II.4. Penggunaan Karbon Aktif .....	II-7
II.5. Proses Pembuatan Karbon Aktif .....	II-9
II.6. Seng Klorida ( $ZnCl_2$ ) .....	II-14
II.7. Natrium Karbonat ( $Na_2CO_3$ ) .....	II-15
II.8. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Daya Serap .....	II-15
II.9. Adsorpsi .....	II-16
II.10. Penelitian Terdahulu ( <i>Microwave</i> ) .....	II-17
<b>BAB III METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK</b>	
III.1. Tahap Pelaksanaan .....	III-1
III.2. Bahan yang Digunakan .....	III-1
III.3. Peralatan yang Digunakan .....	III-1
III.4. Variabel yang Digunakan .....	III-2
III.5. Prosedur Pembuatan .....	III-2
III.6. Diagram Alir Pelaksanaan Inovasi .....	III-4
III.7. Diagram Blok Proses Pembuatan Karbon	

Aktif .....	III-7
III.8. Diagram Alir Percobaan .....	III-8
III.9. Gambar Proses Percobaan .....	III-8
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
IV.1. Hasil Percobaan .....	IV-1
IV.2. Pembahasan.....	IV-2
<b>BAB V NERACA MASSA DAN PANAS</b>	
V.1. Neraca Massa .....	V-1
V.2. Neraca Panas .....	V-4
<b>BAB VI ANALISA BIAYA</b>	
VI.1. <i>Fixed Cost</i> .....	VI-1
VI.2. <i>Variable Cost</i> .....	VI-2
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
VII.1. Kesimpulan .....	VII-1
VII.2. Saran .....	VII-1
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xi
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	xii
<b>LAMPIRAN :</b>	
- APPENDIKS A NERACA MASSA.....	A-1
- APPENDIKS B NERACA PANAS.....	B-1
- APPENDIKS C HASIL ANALISA .....	C-1
<b>BIODATA PENULIS</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Tempurung Siwalan. ....	II-1
Tabel 2.2	Syarat Mutu Karbon Aktif.....	II-6
Tabel 2.3	Persyaratan Karbon Aktif Berdasarkan SNI 06-3730-1995 .....	II-7
Tabel 2.4	Penggunaan Karbon Aktif.....	II-7
Tabel 2.5	Sifat-Sifat <i>Zink Chloride</i> ( $ZnCl_2$ ) .....	II-14
Tabel 4.1	Hasil Analisa Mutu Karbon Aktif dari Tempurung Siwalan.....	IV-1
Tabel 4.2	Proses Karbonisasi Tempurung Siwalan .....	IV-2
Tabel 5.1	Neraca Massa Proses Karbonisasi .....	V-1
Tabel 5.2	Neraca Massa <i>Crusher</i> <sup>1)</sup> .....	V-2
Tabel 5.3	Neraca Massa <i>Screener</i> .....	V-2
Tabel 5.4	Neraca Massa <i>Crusher</i> <sup>2)</sup> .....	V-2
Tabel 5.5	Neraca Massa <i>Screener</i> .....	V-3
Tabel 5.6	Neraca Massa Proses Aktivasi.....	V-3
Tabel 5.7	Neraca Massa Pencucian .....	V-3
Tabel 5.8	Neraca Massa Proses Pengeringan .....	V-4
Tabel 5.9	Komposisi Kimia Tempurung Siwalan .....	V-4
Tabel 5.10	Kapasitas Panas (Cp).....	V-5
Tabel 5.11	Neraca Panas Masuk .....	V-5
Tabel 5.12	Neraca Panas Keluar.....	V-5
Tabel 5.13	Neraca Panas Proses Karbonisasi .....	V-6
Tabel 5.14	Neraca Panas Masuk .....	V-6
Tabel 5.15	Neraca Panas Keluar (Cp) .....	V-6
Tabel 5.16	Neraca Panas Proses Pengeringan .....	V-6

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Bunga dan (b) Buah Siwalan.....	II-2
Gambar 2.2 Penampang Tempurung Muda dan Tua Buah Siwalan.....	II-3
Gambar 2.3. Karbon Aktif Berbentuk Granular .....	II-6
Gambar 2.3. Proses Percobaan .....	III-8
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Konsentrasi Aktivator dengan <i>Iodine Number</i> .....	IV-12

## DAFTAR NOTASI

No.	Keterangan	Notasi	Satuan
1.	Massa	m	gr
2.	Volume	V	ml
3.	Waktu	t	jam
4.	Densitas	$\rho$	gr/ml
5.	<i>Specific heat</i>	Cp	cal/gr.°C
6.	Panas laten	$\lambda$	cal/gr
7.	Suhu	T	°C
8.	Daya	P	watt
9.	Konsentrasi	C	% (w/w)
10.	Enthalpi	$\Delta H$	cal
11.	Kalor	Q	kalori
12.	Berat molekul	BM	gr/mol

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Perkembangan industri meningkat seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga industri merupakan salah satu sektor penting yang menopang perekonomian negara Indonesia. Suatu bentuk upaya yang telah dilakukan oleh Lembaga Biologi Nasional (LBN) Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) bekerja sama dengan Pemerintah Nusa Tenggara Timur (NTT), khususnya Dinas Perindustrian dan Perdagangan telah melakukan pengembangan usaha pengelolaan tanaman siwalan sebagai tanaman industri yang perlu dikembangkan (*Lutony, 1993*).

Di Indonesia, tanaman siwalan tumbuh didaerah yang banyak mendapatkan sinar matahari, misalnya didaerah pantai. Di Nusa Tenggara Timur, Dinas Perkebunan memperkirakan jumlah atau populasi siwalan adalah 4.000.000 pohon yang terdiri dari tumbuhan muda berusia kurang dari 10 tahun sebanyak 950.000 pohon dan tumbuhan dewasa berusia lebih dari 10 tahun sebanyak 3.050.000 pohon. Siwalan juga banyak ditemukan di Bali sekitar 2.270.000 pohon, 2.068.000 pohon terdapat di Kabupaten Karangasem dan 203.000 pohon terdapat di Kabupaten Buleleng. Kemudian di Jawa Tengah, Kabupaten Rembang siwalan ditemukan sekitar 2.821.000 pohon, di Jawa Timur dan Madura ditemukan 500.000 pohon, di Kabupaten Tuban sekitar 295.750 pohon serta masih banyak penyebaran diwilayah lain (*Tambunan, 2009*).

Tanaman siwalan memiliki ciri-ciri, yaitu daun bundar berbentuk seperti kipas; buahnya besar, bulat dan dilindungi oleh tempurung yang berwarna coklat kehitaman, apabila sudah tua tempurung itu akan lebih keras dan tebal. Tempurung dari buah siwalan ini sangat jarang dimanfaatkan oleh masyarakat, sehingga banyak limbah yang perlu penanganan khusus agar memiliki nilai ekonomis. Sampai saat ini pemanfaatan tanaman siwalan hanya



terbatas pada buah dan batangnya saja, sedangkan tempurung atau kulitnya merupakan limbah yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Padahal limbah sabut siwalan akan semakin bertambah banyak, apabila tidak dimanfaatkan. Pada kondisi kering komposisi tempurung buah siwalan mengandung selulosa 11,90%, air 13,80%, abu 4,46%, karbon 44,58% (wb) dan bahan volatile 23,85% (Dewati, 2010).

Salah satu upaya yang ditempuh untuk mengatasi masalah limbah ini adalah dengan memanfaatkannya menjadi karbon aktif. Karbon aktif adalah zat dengan daya serap tinggi yang mempunyai aplikasi beragam dalam penyerapan zat-zat yang tidak diinginkan dari gas dan larutan. Semua bahan yang mengandung karbon dalam jumlah yang cukup tinggi dapat diubah menjadi karbon aktif, tetapi hasil akhirnya akan bervariasi tergantung pada bahan baku, zat pengaktif dan kondisi proses aktivasi (Bansal, 1988).

Konsumsi karbon aktif dunia semakin meningkat setiap tahunnya, misalkan pada tahun 2007 mencapai 300.000 ton/tahun. Sedangkan negara besar seperti Amerika kebutuhan perkapitanya mencapai 0,4 kg per tahun dan Jepang berkisar 0,2 kg per tahun (Chand dkk, 2005). Hal ini berdampak pada harga karbon aktif yang semakin kompetitif. Di pasaran dalam negeri harga karbon aktif antara Rp 6.500/kg sampai Rp 15.000/kg tergantung pada kualitasnya (Pari, 2002). Bahkan di pasaran internasional karbon aktif dengan bilangan *iodine* lebih besar 1.000 m<sup>2</sup>/gram dapat mencapai 20 dolar Amerika per kilonya (Suzuki, 2007).

Produksi karbon aktif saat ini ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor. Pada tahun 2014, peningkatan kebutuhan impor karbon aktif di Indonesia tercatat sebesar 12.510.895 ton dari negara-negara berkembang maupun negara maju, sedangkan dalam kurun waktu 3 tahun antara tahun 2012 hingga 2014 terjadi penurunan ekspor karbon aktif dengan jumlah ekspor saat ini sebesar 17.982.317 ton. Berdasarkan hal tersebut pembuatan karbon aktif dari limbah tempurung siwalan





---

merupakan langkah tepat dalam pengembangan potensi limbah tempurung siwalan (*Kementrian Perindustrian, 2015*).

Karbon aktif merupakan senyawa karbon amorf, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m<sup>2</sup>/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat karbon aktif (*Sembiring, 2003*).

Berdasarkan penelitian oleh Yulianto, dkk (2013), dalam pembuatan karbon aktif menggunakan proses gabungan antara kimia dan fisika dengan perendaman dengan aktivasi dan pemanasan dengan injeksi nitrogen pada suhu tinggi. Arang diaktivasi pada temperatur 700°C selama 4 jam, dengan menggunakan zat pengaktif yaitu ZnCl<sub>2</sub> dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan konsentrasi zat pengaktif yaitu 2,5 % w/w, 5 % w/w, 7,5 % w/w selama 24 jam. Dari hasil penelitian diperoleh karbon aktif dengan daya serap iodine terbaik adalah karbon aktif dengan aktivator Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5% sebesar 1599,72 mg/g, dan aktivator ZnCl<sub>2</sub> 7,5% sebesar 610,38 mg/g yang sesuai dengan SII No.0258–79. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya konsentrasi aktivator maka semakin banyak pori yang terbentuk sehingga daya serap karbon aktif semakin meningkat.

Darjito, dkk (2013), telah melakukan penelitian untuk membuat karbon aktif dari tempurung kelapa dengan cara pengozonan, kemudian dibandingkan kualitasnya dengan karbon aktif hasil aktivasi ZnCl<sub>2</sub> sebanyak 0,4 gram. Arang dikarbonisasi pada temperatur 600°C selama 2 jam. Arang diaktivasi menggunakan ZnCl<sub>2</sub> selama 1 jam pada temperatur 550°C dan pengozonan dengan variasi waktu 0, 20, 40 dan 60 menit. Arang hasil aktivasi dibandingkan daya adsorpsinya terhadap senyawa



iodin, metilen biru dan metil jingga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif yang diaktivasi dengan  $\text{ZnCl}_2$  memiliki daya adsorpsi yang lebih baik terhadap senyawa iodin, metilen biru dan metil jingga daripada arang aktif yang diaktivasi dengan pengozonan.

Jamilatun, dkk (2014), telah melakukan penelitian pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa. Tempurung kelapa dibakar pada drum/bak pembakaran dengan temperatur  $300\text{--}500^\circ\text{C}$  selama 3-5 jam. Arang diaktivasi menggunakan  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{ZnCl}_2$  (kadar 25 %) selama 12-24 jam untuk menjadi karbon aktif. Hasil penelitian didapatkan daya serap terhadap kadar iod sebesar  $580,0\text{ mg/g}$  yang memenuhi standar SNI 06-3730.

Karbon aktif pada umumnya terbuat dari semua bahan yang mengandung karbon baik organik maupun anorganik yang menghasilkan iod, diantaranya kayu sebesar  $225,29\text{ mg/g}$ , batubara sebesar  $939\text{ mg/g}$ , tempurung kelapa sebesar  $1599,72\text{ mg/g}$ , tempurung kelapa sawit sebesar  $403,5\text{ mg/g}$ , gergaji kayu sebesar  $730,85\text{ mg/g}$ , kulit singkong sebesar  $606,59\text{ mg/g}$ , enceng gondok sebesar  $352,22\text{ mg/g}$ , dan lain-lain. Hasil penelitian menunjukan bahwa bahan baku keras seperti tempurung kelapa dapat menghasilkan karbon aktif dengan iod yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan baku lainnya. Sehingga untuk memanfaatkan hasil potensi alam yang melimpah, diperlukan inovasi untuk pembuatan karbon aktif dengan memanfaatkan limbah tempurung siwalan.

Oleh karena itu, maka penelitian ini dilakukan guna memanfaatkan limbah tempurung siwalan menjadi karbon aktif dan menghasilkan daya serap iodin minimal sebesar  $750\text{ mg/g}$  yang memenuhi standar SNI 06-3730-1995. Dasar pemilihan bahan baku tersebut adalah karena bahan yang lebih mudah didapat dan besar kandungan karbon yang cukup tinggi pada bahan tersebut. Selain itu, untuk meningkatkan nilai ekonomis dari tempurung siwalan sebagai bahan alternatif pembuatan karbon aktif.



## I.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam percobaan “Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Siwalan” dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Apakah karbon aktif yang dihasilkan dari limbah tempurung siwalan telah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 ?
2. Bagaimana pengaruh daya serap iodine pada karbon aktif dari limbah tempurung siwalan dengan aktivator  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ?

## I.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam percobaan “Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Siwalan” adalah sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan adalah tempurung siwalan yang berasal dari Desa Kowang, Kecamatan Semanding, Tuban, Jawa Timur.
2. Aktivator kimia dalam pembuatan karbon aktif yang digunakan adalah seng klorida ( $\text{ZnCl}_2$ ) dan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

## I.4 Tujuan Inovasi Produk

Tujuan dari percobaan inovasi “Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Siwalan” adalah sebagai berikut :

1. Membuat karbon aktif dari limbah tempurung siwalan yang sesuai dengan SNI 06-3730-1995.
2. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  terhadap hasil uji analisa *proximate* dan *iodine number* pada daya serap karbon aktif dari tempurung siwalan.



---

## 1.5 Manfaat Inovasi Produk

Adapun manfaat dari percobaan inovasi “Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Siwalan” adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bahan alternatif pembuatan adsorben untuk keperluan berbagai industri.
2. Dapat dimanfaatkan sebagai *home industri* atau Unit Usaha Mandiri (UKM) oleh masyarakat sekitar Kabupaten Tuban menjadi produk bernilai jual tinggi.
3. Meminimalkan dampak negatif terhadap kelestarian lingkungan yang diakibatkan oleh limbah siwalan.
4. Mendayagunakan dan meningkatkan nilai ekonomis dari limbah tempurung siwalan, selain sebagai bahan bakar.
5. Sebagai sumber penelitian dan ilmu pengetahuan mengenai bahan baku alternatif pembuatan karbon aktif, khususnya dalam bidang teknik kimia dan industri pada umumnya.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Siwalan (*Borassus flabellifer* L.)

Siwalan atau lontar yang biasa dikenal dengan nama ilmiah *Borassus flabellifer* Linn. termasuk tumbuhan Gymnospermae, berbiji tunggal (*monocotiledoneae*) dari ordo *Arecales*, keluarga *Palmae* (*Arecaceae*), dan genus *Borassus*. Di Indonesia, siwalan banyak tumbuh pada wilayah pantai di daerah yang beriklim kering, misalnya Jawa Tengah (Brebes, Pekalongan dan Semarang), Jawa Timur (Tuban, Gresik dan Lamongan), Madura, Bali (Karangasem dan Bulelang), Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, dan Maluku bagian Tenggara (*Tambunan, 2009*).

Tanaman siwalan memiliki ciri-ciri, yaitu daun bundar berbentuk seperti kipas, buah yang besar, bulat dan dilindungi oleh sabut yang berwarna coklat kehitaman. Apabila sudah tua tempurung itu akan lebih keras dan tebal. Tempurung dari buah siwalan ini sangat jarang dimanfaatkan oleh masyarakat, sehingga banyak limbah yang dihasilkan dan dibutuhkan penanganan khusus agar memiliki nilai ekonomis. Pada umumnya tempurung buah siwalan banyak mengandung bahan-bahan dari berbagai jenis polisakarida, misalnya selulosa, hemiselulosa, lignin, karbohidrat, air dan abu. Berikut ini dapat dilihat pada **Tabel 2.1** komposisi tempurung buah siwalan kering adalah sebagai berikut:

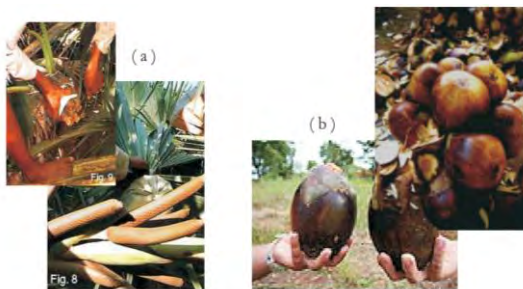
**Tabel 2.1** Komposisi Tempurung Siwalan

Komposisi	Jumlah Kandungan (%)
Selulosa	11,90
Air	13,80
Karbon	44,58 (wb)
Abu	4,46
Bahan volatile	23,85
lain-lain	1,41

(*Balai Penelitian dan Konsultasi Industri, 2015*)

Buah siwalan dalam tandan berjumlah sekitar  $\pm 20$  butir dan buahnya berbentuk bulat dengan diameter antara 7-20 cm dengan kulit berwarna hitam kecoklatan dan ditutupi tempurung yang tebal dan keras. Dalam satu buah berisi 3 bakal biji, daging buah muda yang berwarna putih, daging buah dewasa atau tua berwarna kuning yang jika dibiarkan akan dapat berkecambah. Berbeda dengan buah kelapa yang setiap buahnya hanya mengandung satu lembaga, buah siwalan selalu mengandung tiga buah lembaga. Setiap lembaga berada dalam tempurung sendiri-sendiri yang didalamnya terdapat daging buah dan air sama seperti yang terdapat pada kelapa. Buah siwalan merupakan sumber karbohidrat berupa sukrosa, glukosa dan air, kadar protein dan lemaknya sangat rendah dibawah 1% serta sedikit serat (*ash-shiddiqi, 2006*).

Berikut ini merupakan bagian penampang bunga dan buah pada tanaman siwalan (*Borassus flabellifer L.*) dapat dilihat pada **Gambar 2.1** sebagai berikut.



**Gambar 2.1** (a) Bunga dan (b) Buah Siwalan

Berdasarkan pada keberadaan bunga, maka ada pohon siwalan jantan dan betina. Bunga pohon jantan tumbuh dari ketiak daun, umumnya tunggal dan sangat jarang bertangkai kembar. Pada bunga jantan menempel beberapa bulir atau mayang berbentuk bulat yang disebut satu tandan, panjang bulir antara 30-60 cm dengan diameter antara 2-5 cm dan dalam satu tandan terdiri dari 4-15 mayang. Pada bunga betina dalam satu tandan



terdapat 4-10 mayang, bunga berukuran kecil dan berpenutup daun pelindung (*bractea*) yang akan menjadi buah. Setiap bakal buah memiliki tiga buah kotak atau bakal biji, tergantung dari proses pembuahan atau penyerbukannya, maka jumlah biji dalam satu buah siwalan dapat berisi tiga, dua atau satu bakal biji (Tambunan, 2009).

Adapun bagian penampang pada tempurung siwalan (*Borassus flabellifer* L.) dapat dilihat pada **Gambar 2.2** sebagai berikut.



**Gambar 2.2** Penampang Tempurung Muda dan Tua Buah Siwalan

Setiap pohon siwalan menghasilkan 6-12 tandan buah atau sekitar 200-300 buah setiap tahun. Buah siwalan berbentuk bulat yang berdiameter antara 10-15 cm, berwarna hijau ketika masih muda dan menjadi ungu hingga hitam setelah tua. Daging buah (endosperm) muda terasa manis, tekstur seperti agar dan berair, dan mengeras setelah tua. Satu buah siwalan berisi tiga biji dengan tempurung yang tebal dan keras (Tambunan, 2009).

## II.2 Karbon aktif (*Activated Carbon*)

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara didalam ruangan pemanasan, sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan



sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi dengan bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia, arang yang demikian disebut sebagai karbon aktif (*Sembiring, 2003*).

Karbon aktif merupakan suatu bahan karbon yang diproses dengan menghasilkan struktur daya serap tinggi dan khususnya luas permukaan area internal yang besar. Tentunya, hal ini terdiri dari karbon (87-97%), tetapi juga mengandung elemen-elemen seperti hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen maupun berbagai senyawa lain dari bahan mentah yang digunakan dalam pembuatan atau dihasilkan selama proses produksi. Karbon aktif diperoleh dengan proses karbonisasi yang diikuti dengan aktivasi dari bahan yang mengandung zat arang dimana biasanya berasal dari tumbuh-tumbuhan (*Jankowska, 1991*).

Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m<sup>2</sup>/g dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar yaitu 25-100% terhadap berat karbon aktif (*Simbiring, 2003*).

Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap. Untuk menghilangkan bahan-bahan terlarut dalam air, biasa menggunakan karbon aktif dengan mengubah sifat permukaan partikel karbon melalui proses oksidasi. Partikel ini akan menyerap bahan-bahan organik dan akan terakumulasi pada bidang permukaannya. Adsorpsi oleh karbon aktif akan melepaskan gas, cairan dan zat padat dari larutan dimana kecepatan reaksi dan kesempurnaan pelepasan tergantung pada pH, suhu, konsentrasi awal, ukuran molekul, berat molekul dan struktur molekul, sementara penyerapan terbesar adalah pada pH rendah (*Jankowska, 1991*).





Secara umum, proses pembuatan karbon aktif terdiri dari proses karbonisasi pirolitik bahan dasar serta proses aktivasi. Selama proses karbonisasi, komponen yang mudah menguap akan terlepas dan karbon mulai membentuk struktur pori-pori dimana proses pembentukan pori-pori ini akan ditingkatkan pada proses aktivasi. Pada proses aktivasi, terjadi pembukaan pori-pori yang masih tertutup dan peningkatan ukuran dari pori-pori kecil yang telah terbentuk (*Sontheimer, 1985*).

Aktivasi sangat penting untuk menghasilkan produk menjadi adsorben yang mempunyai porositas yang besar dan permukaan yang luas yaitu 500-1500 m<sup>2</sup>/gr. Dalam proses pengaktivasi bahan zat arang dilakukan melalui pemanasan secara selektif, dimana hasil pembentukan pada pori-pori, celah-celah, dan pecahan-pecahan tidak terhitung. Secara teknologi, proses aktivasi melibatkan bahan-bahan kimia atau *steam* atau gas. Pada aktivasi kimia, bahan mentah tidak dilakukan proses karbonisasi secara normal yang digunakan, namun dengan mencampurkan reagen pengaktif senyawa anorganik yang dilakukan pada temperatur tinggi. Zat pengaktif utama yang dapat mendehidrasi antara lain seng klorida dan asam fosfat. Sedangkan aktivasi dengan *steam* atau gas biasanya digunakan pada penyemprotan udara oksigen, *steam* atau karbon dioksida. Selama aktivasi, massa bahan zat arang menurun secara signifikan, akan tetapi akan meningkatkan daya serap. Unsur utama bahan dasar pembuatan karbon aktif melalui metode *steam* gas ini harus mengandung beberapa hal, diantaranya yang paling penting adalah rendahnya kandungan zat volatil, kandungan unsur karbon tinggi, memiliki porositas kecil, dan memiliki kemampuan yang cukup untuk pengikisannya (*Jankowska, 1991*).

Pada pemilihan karbon aktif yang tepat dapat dilakukan dengan mempertimbangkan parameter ukuran dan komposisi butiran, spesifikasi luas permukaan pori, volume pori, dan karakteristik serta struktur kimia permukaan karbon. Berikut ini jenis karbon aktif yang memiliki struktur berbentuk granular dapat dilihat pada **Gambar 2.3** sebagai berikut.

---

**Gambar 2.3** Karbon Aktif Berbentuk Granular

### II.3 Syarat Mutu Karbon Aktif

Berdasarkan Anonymous (1989) menyatakan bahwa karbon aktif yang berfungsi sebagai adsorben tentunya memiliki parameter terhadap bahan karbon aktif yang dihasilkan. Adapun mengenai syarat mutu karbon aktif dapat dilihat pada **Tabel 2.2** sebagai berikut.

**Tabel 2.2** Syarat Mutu Karbon Aktif

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Serbuk
1.	Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	%	Maks.15	Maks.25
2.	Air	%	Maks.4,4	Maks.15
3.	Abu	%	Maks.2,5	Maks.10
4.	Bagian yang tidak terarang	-	Tidak ternyata	Tidak ternyata
5.	Daya serap terhadap I <sub>2</sub>	mg/g	Min.750	Min.750
6.	Karbon aktif murni,%	-	Min.80	Min.65
7.	Daya serap terhadap benzen,%	-	Min.25	-
8.	Daya serap terhadap biru metilen	ml/g	Min.60	Min.120
9.	Kerapatan jenis curah	g/ml	0,45-0,55	0,30-0,35
10.	Lolos ukuran <i>mesh</i> 325%	-	-	Min.90
11.	Jarak <i>mesh</i> ,%	-	90	-
12.	Kekerasan,%	-	80	-



Kualitas suatu karbon aktif yang dinilai berdasarkan persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 pada **Tabel 2.3** berikut ini.

**Tabel 2.3** Persyaratan Karbon Aktif Berdasarkan SNI 06-3730-1995

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar Air	Maks 15%
Kadar abu	Maks 10%
Kadar zat menguap	Maks 25%
Kadar karbon terikat	Min 65%
Daya serap terhadap yodium	Min 750 mg/g
Daya serap terhadap benzena	Min 25%

(Anonim, 1995).

## II.4 Penggunaan Karbon Aktif

Karbon aktif terbagi atas 2 tipe, yaitu karbon aktif sebagai pemucat dan karbon aktif sebagai penyerap uap. Sehingga karbon aktif banyak digunakan oleh kalangan industri, dimana hampir 60% produksi karbon aktif dunia ini dimanfaatkan oleh industri-industri gula dan pemurnian minyak dan lemak, kimia dan farmasi. Adapun penggunaan karbon aktif secara umum dapat dilihat pada **Tabel 2.4** berikut :

**Tabel 2.4** Penggunaan Karbon Aktif

No.	Pemakai	Kegunaan
1.	Industri obat dan makanan	Menyaring, penghilangan bau dan rasa
2.	Minuman keras dan Ringan	Pengilangan warna, bau pada minuman
3.	Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah
4.	Pembersih air	Penghilangan warna, bau, penghilangan resin
5.	Budi daya udang	Permurnian, penghilangan ammonia, <i>netrite phenol</i> dan logam berat
6.	Industri gula	Penghilangan zat-zat warna,



		menyerap proses penyaringan menjadi lebih sempurna
7.	Pelarut yang digunakan Kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut
8.	Pemurnian gas	Menghilangkan sulfur, gas beracun, bau busuk asap
9.	Katalisator	Reaksi katalisator pengangkut <i>vinil chloride</i> , vinil acetat
10	Pengolahan pupuk	Pemurnian, penghilangan bau

(Sembiring, 2003).

Karbon aktif digunakan untuk mengadsorpsi gas maupun cairan. Salah satu fungsi utama pada adsorpsi gas dengan karbon aktif adalah pemurniaan gas buangan pada komponen beracun yang mengandung sulfur seperti sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), karbon disulfida dan komponen organik sulfur. Diantara banyaknya metode *recovering* dan *neutralizing*  $\text{SO}_2$  dari gas buangan, adsorpsi dengan karbon aktif memiliki peran yang lebih besar. Pada adsorpsi fisika dari  $\text{SO}_2$  dengan karbon aktif menggunakan katalis oksidasi *sulfur trioxide*, selanjutnya akan mengalami pembentukan dari asam sulfur dan sebagian cairan. Sehingga sulfur akan terperangkap oleh permukaan karbon aktif dalam tiga bentuk, sebagai adsorpsi fisika  $\text{SO}_2$ , sebagai larutan asam sulfur, dan sebagai pembatas komponen penyusun sulfur pada permukaan (Jankowska, 1991).

Adsorpsi karbon aktif dari fase cairan banyak digunakan di industri makanan untuk berbagai produksi dan proses pembuatan makanan, seperti pada industri gula yang menggunakan adsorben karbon aktif untuk pemurnian sirup dan proses deklorinasi gula sirup yang merupakan tahapan terakhir dalam pemurnian gula. Secara teknologi, sistem pemurnian air dengan karbon aktif digunakan untuk menghilangkan substansi yang berasa dan berbau tidak enak, serta untuk menghilangkan oksidasi produk yang dihasilkan dari *treatment* air dengan oksidator yang kuat (Jankowska, 1991).



---

## II.5 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Proses pembuatan karbon aktif dibedakan menjadi 2, yaitu metode langsung dan tidak langsung. Pada metode langsung, bahan dasar dibentuk sesuai ukuran yang diinginkan kemudian akan melalui proses karbonisasi serta aktivasi, lalu produk yang didapatkan kemudian disaring. Metode langsung ini biasa dipakai untuk karbon aktif yang berbahan dasar tempurung kelapa, batu bara yang relatif padat, dan bahan dasar lainnya yang digunakan untuk membuat karbon aktif yang berbentuk serbuk atau *Powdered Activated Carbon (PAC)*. Metode tidak langsung digunakan untuk karbon aktif yang berbahan dasar batu bara muda, *peat*, serta *petrol coke*. Untuk karbon aktif dengan bahan dasar seperti ini diperlukan proses *reconstitution* dan *pretreatment* selain proses-proses pada metode langsung di atas. Pada karbon aktif yang berbahan dasar batu bara muda, diperlukan proses *pretreatment* untuk mengontrol kehilangan pori-pori kecil selama proses karbonisasi yang disebabkan karena adanya *sweeling* dan *softening* dari batu bara tersebut (Sontheimer, 1985).

Berdasarkan Cheremisinoff dan AC. Moressi (1978), mengemukakan bahwa proses pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap, yaitu :

1. *Dehidrasi*, yang merupakan proses penghilangan air dimana bahan mentah dipanaskan sampai temperatur 170°C.
2. *Karbonisasi*, yakni proses pemecahan bahan - bahan organik menjadi karbon dengan suhu yang digunakan diatas 170°C akan menghasilkan CO dan CO<sub>2</sub>, sedangkan pada suhu 275°C, dekomposisi menghasilkan “tar”, methanol dengan hasil samping lainnya, akan tetapi pembentukan karbon terjadi pada temperatur 400-600°C.
3. *Aktivasi*, terjadi melalui dekomposisi tar dan perluasan pori-pori dapat dilakukan dengan uap atau CO<sub>2</sub> sebagai aktivator.

Untuk proses pembuatan karbon aktif secara jelas akan diuraikan pada pembahasan berikut ini.



---

### II.5.1 Dehidrasi

Proses ini dilakukan dengan memanaskan bahan baku sampai suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam dengan tujuan untuk menguapkan seluruh kadar air pada bahan baku. Proses dehidrasi dapat dilakukan ketika masih berbentuk bahan baku atau setelah menjadi karbon aktif serbuk atau granular. Selama kadar air pada bahan baku tidak melebihi SII, berarti masih layak untuk dipergunakan untuk karbon aktif (Hambali, 2007).

### II.5.2 Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangan adalah suatu proses pirolisis atau pembakaran tak sempurna dengan udara terbatas dari bahan yang mengandung karbon. Pada proses ini pembentukan struktur pori dimulai. Tujuan utama dalam proses ini adalah untuk menghasilkan butiran yang mempunyai daya serap dan struktur yang rapi. Dasar karbonisasi adalah pemanasan, dimana bahan dasar dipanaskan dengan temperatur yang bervariasi sampai temperatur  $1300^{\circ}\text{C}$ . Bahan organik didekomposisi dengan menyisakan karbon dan komponen *volatile* yang lain diuapkan (Jankowska, 1991).

Sifat-sifat dari hasil karbonisasi ini ditentukan oleh kondisi dari bahan dasarnya. Beberapa parameter yang biasa digunakan untuk menentukan kondisi karbonisasi yang sesuai yaitu temperatur akhir yang dicapai, waktu karbonisasi, laju peningkatan temperatur, medium dari proses karbonisasi. Temperatur akhir proses mempunyai pengaruh yang lebih besar terhadap struktur dari butiran. Pada temperatur tinggi akan terjadi berbagai macam reaksi dari bahan mentah, sesuai dengan sifat dari struktur kimianya. Reaktivitas dari hasil karbonisasi yang didapatkan setelah pirolisis pada temperatur  $300^{\circ}\text{C}$  lebih rendah dari temperatur  $600^{\circ}\text{C}$  dikarenakan penurunan jumlah karbonnya (Jankowska, 1991).

Jika temperatur yang dinaikkan dengan cepat, pembentukan sebagian besar zat volatil terjadi dalam waktu singkat dan hasilnya biasanya terbentuk pori yang berukuran



lebih besar. Reaktivitas hasil karbonisasinya lebih besar dari pada hasil yang dipanaskan dengan laju lambat. Bahan yang mengandung zat arang merupakan dasar untuk pembuatan karbon aktif oleh metode *steam-gas* harus memenuhi syarat pasti diantaranya yang terpenting; kandungan *volatile matter* yang rendah, kandungan karbon yang tinggi, kemampuan daya serap, dan pengurangan kekuatan bahan yang cukup (Jankowska, 1991).

### II.5.3 Aktivasi

Aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Sembiring, 2003).

Pada proses produksi karbon aktif, proses aktivasi merupakan proses yang terpenting karena proses ini sangat menentukan sekali terhadap kualitas karbon aktif yang dihasilkan baik luas area permukaan maupun daya adsorpsinya. Produk dari karbonisasi tidak dapat diaplikasikan sebagai adsorben, dikarenakan struktur porusnya tidak berkembang tanpa adanya tambahan aktivasi. Proses aktivasi menghasilkan karbon oksida yang tersebar dalam permukaan karbon karena adanya reaksi antara karbon dengan zat pengoksidasi. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses aktivasi adalah waktu aktivasi, suhu aktivasi, ukuran partikel, rasio aktivator dan jenis aktivator yang dalam hal ini akan mempengaruhi daya serap arang aktif. Aktivasi karbon aktif dapat dilakukan melalui 2 cara, yakni aktivasi secara kimia dan aktivasi secara fisika (Kinoshita, 1998).

#### II.5.3.1 Aktivasi Secara Kimia

Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Beberapa keuntungan aktivasi kimia dibandingkan aktivasi fisika adalah bahwa proses aktivasi kimia memungkinkan untuk



dihasilkan luas permukaan karbon aktif yang sangat tinggi. Bahan yang mengandung karbon dengan aktivasi kimia dapat mereduksi kandungan oksigen dan hidrogen, sehingga aktivitas ini pada bahan anorganik lebih sulit sebagai pembanding dengan bahan non-karbon. Di Industri, asam fosfat, seng klorida dan potassium sulfida terutama digunakan sebagai reagen pengaktivasi (*Smisek dan Cerny, 1970*).

Aktivasi kimiawi digunakan untuk bahan dasar yang mengandung selulosa dan menggabungkan antara tahap karbonisasi dan tahap aktivasi. Zat kimia yang dapat mendehidrasi seperti seng (II) klorida ( $\text{ZnCl}_2$ ) atau *phosphoric acid* ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) ditambahkan ke bahan dasar pada temperatur yang telah dinaikkan. Produk ini kemudian dipanaskan secara pirolisis sehingga menyebabkan degradasi selulosa. Kemudian produk tersebut didinginkan dan *activating agent* kemudian diekstrak. Karbon aktif yang diproduksi dengan cara ini adalah karbon aktif serbuk dengan densitas rendah, tanpa proses *treatment* yang khusus, mempunyai proporsi pori-pori kecil yang rendah, sehingga membuat kurang cocok digunakan pada proses penghilangan *micropollutants* dan zat-zat yang menyebabkan bau tidak sedap. Masalah yang timbul jika menggunakan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  sebagai zat kimia yang dapat mendehidrasi adalah diperlukannya proses tambahan yaitu *leaching* ion fosfat dari karbon. Aktivasi kimiawi ini bertujuan mengurangi pembentukan pengotor dan produk samping dengan cara merendam bahan mentah (contoh: kayu) dalam senyawa aktivasi kimiawi, contohnya senyawa: asam sulfat (*Baksi, 2006*).

Kerugian penggunaan bahan-bahan mineral sebagai pengaktif terletak pada proses pencucian bahan-bahan mineral tersebut kadang-kadang sulit dihilangkan lagi dengan pencucian sedangkan keuntungan penggunaan bahan-bahan mineral sebagai pengaktif adalah waktu aktivasi yang relatif pendek, karbon aktif yang dihasilkan lebih banyak dan daya adsorpsi terhadap suatu adsorbat akan lebih baik. Karbon aktif dengan seng klorida dinyatakan baik untuk proses *decolorizing* tetapi untuk





---

mengadsorpsi *methylene blue* dan *iodine number* akan rendah (Jankowska, 1991).

### II.5.3.2 Aktivasi Secara Fisika

Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan  $\text{CO}_2$ . Metode aktivasi secara fisika antara lain dengan menggunakan uap air, gas karbon dioksida, oksigen dan nitrogen. Gas-gas tersebut berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada arang sehingga memperluas permukaannya, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi tar atau hidrokarbon-hidrokarbon pengotor pada arang (Sembiring, 2003).

Untuk aktivasi fisika, arang yang terbuat dari material biomassa dipanaskan di dalam *furnace* pada temperatur  $400^\circ\text{C}$ - $800^\circ\text{C}$  dengan kondisi *inert* melalui penginjeksian nitrogen dalam reaktor aktivasi. Penggunaan gas nitrogen selama proses aktivasi karena nitrogen merupakan gas yang *inert* sehingga pembakaran karbon menjadi abu dan oksidasi oleh pemanasan lebih lanjut dapat dikurangi, selain itu dengan aktivasi gas akan mengembangkan struktur rongga yang ada pada arang sehingga memperluas permukaannya (Gratiso, 2008).

Aktivasi fisika dapat mengubah bahan yang telah dikarbonisasi dalam sebuah produk yang memiliki luas permukaan yang luar biasa dan struktur pori. Tujuan dari proses ini adalah mempertinggi volume, memperluas diameter pori yang terbentuk selama karbonisasi dan dapat menimbulkan beberapa pori yang baru. Aktivasi fisika biasa digunakan untuk memproduksi karbon aktif yang akan digunakan untuk *water treatment* dan prosesnya adalah endotermis. Proses endotermis ini melibatkan kontak antara *activating agent* berfasa gas, biasanya *steam*, walaupun  $\text{CO}_2$  dan air juga terkadang digunakan, dengan arang pada temperatur  $850$ - $1000^\circ\text{C}$ . Pada proses ini seringkali terjadi reduksi dari ukuran adsorben yang disebabkan karena kelebihan oksidasi eksternal selama gas pengoksidasi berdifusi ke



dalam karbon yang tidak teraktivasi (*Goodman et al, 2004*).

## II.6 Seng Klorida ( $\text{ZnCl}_2$ )

Seng klorida ialah nama dari senyawa kimia dengan rumus  $\text{ZnCl}_2$  dan hidratnya. Seng klorida, berbentuk kristal, tak berwarna atau putih, dan sangat larut dalam air. Senyawa  $\text{ZnCl}_2$  bersifat higroskopis, sehingga dalam keadaan lembab dapat meleleh bahkan menghilang (*deliquescent*). Oleh karena itu sampel harus dilindungi dari sumber kelembaban, termasuk adanya uap dalam udara biasa. Seng klorida dapat diaplikasikan secara luas dalam pengolahan tekstil, fluks metalurgi, dan sintesa kimia (*Anonim, 2014*).

Seng klorida merupakan salah satu senyawa seng yang paling banyak digunakan. Senyawa ini dapat diperoleh sebagai dihidrat,  $\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dan sebagai batangan-batangan seng klorida anhidrat. Seng klorida anhidrat sangatlah mudah larut dalam air, dalam pelarut-pelarut organik seperti alkohol, aseton dan sifat ini menunjukkan adanya karakter kovalen dalam ikatannya (*Anonim, 2014*).

Berikut ini adalah sifat-sifat dari senyawa seng klorida ( $\text{ZnCl}_2$ ) akan diuraikan pada **Tabel 2.5** sebagai berikut.

**Tabel 2.5** Sifat-Sifat Zink Chloride ( $\text{ZnCl}_2$ )

<b>Nama IUPAC nya</b>	Seng klorida
<b>Rumus molekul</b>	$\text{ZnCl}_2$
<b>Berat molekul</b>	136,315 gr/mol
<b>Bentuk</b>	Zat padat putih berbentuk Kristal
<b>Bau</b>	Tidak berbau
<b>Densitas</b>	2,907 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Titik lebur</b>	292 °C; 558 °F; 564 K
<b>Titik didih</b>	756 °C; 1393 °F; 1029 K
<b>Kelarutan dalam air</b>	4320 gr/L (25 °C)
<b>Kelarutan dalam alkohol</b>	4300 gr/L
<b>Kelarutan dalam pelarut lain</b>	Larut dalam etanol, gliserol dan aseton



---

## II.7 Natrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

Sodium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) adalah segolongan garam yang berwujud lunak yang larut dalam air dingin dan kelarutan dalam air kira-kira 30% berat larutan, dalam industri kimia dikenal dengan “crystal carbonate; disodium carbonate; soda ash; dll”. Di negara eropa dan beberapa kota distrik di USA istilah soda mengacu pada decahidrat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) dan monohidrat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) yang digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, tapi komoditi decahidrat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) dan monohidrat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) jumlahnya relatif kecil dibandingkan dengan bentuk anhidrat (Anonim, 2012)

### Sifat Fisis Dan Kimia Sodium Carbonat

- Berat molekul : 105,99 g/mol
- Bentuk : Padat, serbuk, atau kristal serbuk dan granul dan bersifat higroskopis
- Warna : Putih dan tidak berbau
- Titik lebur :  $854^\circ\text{C}$  ( $1569^\circ\text{F}$ )
- Densitas : 2,533 g/ml
- Kelarutan : 45,5 g/100 mL air @ $100^\circ\text{C}$  ( $212^\circ\text{F}$ ); larut dalam air panas dan gliserol, larut sebagian dalam air dingin, tidak larut dalam aseton dan alkohol.
- Kapasitas panas,  $85^\circ\text{C}$  : 26,41 cal/ gmol  $^\circ\text{C}$

(Anonim, 2012).

## II.8 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Serap

Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap. Dalam hal ini, Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu:

1. Luas permukaan

Jumlah gas yang teradsorpsi tergantung dari jenis adsorben yang digunakan, semakin besar luas permukaan karbon aktif yang digunakan, maka semakin banyak jumlah gas yang dapat teradsorpsi persatuan berat adsorben yang sama.

2. Berat molekul

Permukaan padatan yang kontak dengan suatu larutan



cenderung untuk menghimpun lapisan dari molekul-molekul zat terlarut pada permukaannya akibat ketidakseimbangan gaya-gaya pada permukaan. Adsorpsi kimia menghasilkan pembentukan lapisan monomolekular adsorbat pada permukaan melalui gaya-gaya dari valensi sisa dari molekul-molekul pada permukaan. Adsorpsi fisika diakibatkan kondensasi molekular dalam kapiler-kapiler dari padatan. Secara umum, unsur-unsur dengan berat molekul yang lebih besar akan lebih mudah diadsorpsi. Sehingga, semakin berat molekul dalam suatu unsur akan semakin mudah proses adsorpsi yang berlangsung.

### 3. Porositas

Pada umumnya zat pengadsorpsi atau adsorben mengandung bahan-bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu didalam partikel. Oleh karena itu, ukuran pori-pori biasanya sangat kecil dengan luas permukaan dalam yang lebih besar dari permukaan luar. Sehingga pemisahan terjadi karena perbedaan porositas menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan itu lebih erat daripada molekul-molekul lainnya.

(McCabe, 1999).

## II.9 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pengumpulan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan oleh permukaan benda penyerap di mana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dan penyerapnya. Proses adsorpsi digambarkan sebagai proses molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat penyerap akibat ikatan fisika dan kimia. Permukaan padatan yang kontak dengan suatu larutan cenderung untuk menghimpun lapisan dari molekul –molekul zat terlarut pada permukaannya akibat kesetimbangan gaya-gaya pada permukaan (Sawyer, 1994).

Daya adsorpsi karbon aktif disebabkan karena karbon mempunyai pori-pori dalam jumlah besar dan adsorpsi akan



terjadi karena adanya perbedaan energi potensial antara permukaan karbon dan zat yang diserap. Karbon merupakan bahan padat berpori dan umumnya diperoleh dari hasil pembakaran kayu atau bahan yang mengandung unsur karbon. Umumnya karbon mempunyai daya adsorpsi yang rendah terhadap zat warna dan daya adsorpsi tersebut dapat diperbesar dengan cara mengaktifkan karbon menggunakan uap atau bahan kimia (Ketaren, 1998).

## II.9 Penelitian Terdahulu

1. Hartanto, (2010), telah dilakukan percobaan *Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia*, dari hasil percobaan menyatakan bahwa proses karbonisasi dilakukan pada suhu 300°C, 450°C dan 500°C dengan waktu 1 jam, 1,5 jam, 2,0 jam, 2,5 jam dan 3 jam. Sedangkan proses aktivasi dilakukan dengan menggunakan aktivator NaOH, NaCl, dan HCl dengan konsentrasi 2% dan aktivasi selama 1 jam, 2 jam dan 4 jam pada 500°C. Proses karbonisasi menunjukkan hasil terbaik pada suhu 500°C dan waktu 3 jam dengan kadar air 18%, rendemen 23%, zat yang mudah menguap 3% dan kadar karbon terikat 61%. Aktivasi dengan NaOH selama 4 jam menunjukkan hasil terbaik dengan kadar air arang aktif 3,6 % dan daya serap I<sub>2</sub> 851,8797 mg/g dan hasil ini sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995. Hasil *Scanning Electron Microscope (SEM)* menunjukkan bahwa sebelum aktivasi pori yang terbentuk masih tertutup oleh pengotor-pengotor dan setelah aktivasi pori tersebut lebih terbuka sehingga luas permukaan adsorpsi menjadi lebih besar.
2. Yessy, (2013), telah dilakukan penelitian *Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia, dan Fisika-Kimia*, dari hasil penelitian menyatakan bahwa Pada aktivasi secara fisika dilakukan dengan pemanasan pada suhu tinggi menggunakan furnace yaitu pada suhu 750°C selama 3 jam. Pada aktivasi secara



kimia menggunakan  $\text{ZnCl}_2$  sebagai aktivator dan direndam selama 24 jam. Aktivasi secara fisika kimia merupakan penggabungan dari aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik arang aktif dan uji kemampuan daya adsorben arang aktif terhadap asam asetat. Berdasarkan hasil penelitian arang aktif yang dibuat dari cangkang kelapa sawit dengan proses aktivasi secara fisika-kimia mempunyai daya jerap yang paling baik di antara arang aktif lain yang diaktivasi dengan proses fisika dan kimia. Pada waktu penyerapan 4 jam, arang aktif berdiameter 355  $\mu\text{m}$  dengan aktivasi fisika-kimia mampu menyerap sebanyak 34,4% bagian dari larutan asam.

3. Gilar S., (2013), telah dilakukan penelitian *Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah*, dari hasil penelitian menyatakan bahwa karbon aktif dapat dibuat dari arang tempurung kelapa dengan aktivasi kimia  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  disertai pirolisis pada suhu  $700^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Karakteristik karbon aktif yang dihasilkan telah sesuai dengan SII No.0258–79, kadar air sebesar 0,382-1,619%, kadar abu 2,28-7,79%, *iodine number* 448,02-1599,72 mg/g, *surface area* 189,630-1900,69  $\text{m}^2/\text{g}$ . Persen removal tertinggi didapat pada karbon aktif dengan zat aktivator  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5% dengan persen removal sebesar 99,745%. Kapasitas optimum penyerapan fenol dengan karbon aktif dari arang tempurung kelapa terbaik didapat pada karbon aktif dengan zat aktivator  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5% dengan kapasitas serapan sebesar 220,751 mg fenol/gram karbon aktif.
4. Dita, (2013), telah dilakukan penelitian *Studi Aktivasi Arang Dari Tempurung Kelapa Dengan Pengozonan*, dari hasil penelitian menyatakan bahwa pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dengan pengozonan telah dilakukan, kemudian akan dibandingkan kualitasnya dengan arang aktif



hasil aktivasi  $\text{ZnCl}_2$ . Arang dari tempurung kelapa dikarbonisasi pada temperatur  $600^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Arang diaktivasi menggunakan  $\text{ZnCl}_2$  selama 1 jam pada temperatur  $550^\circ\text{C}$  dan pengozonan dengan variasi waktu 0, 20, 40 dan 60 menit. Arang hasil aktivasi dibandingkan daya adsorpsinya terhadap senyawa iodin, metilen biru dan metil jingga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arang aktif yang diaktivasi dengan  $\text{ZnCl}_2$  memiliki daya adsorpsi yang lebih baik terhadap senyawa iodin, metilen biru dan metil jingga daripada arang aktif yang diaktivasi dengan pengozonan. Namun, semakin panjang waktu pengozonan arang aktif yang dihasilkan memiliki daya adsorpsi terhadap metilen biru dan metil jingga yang semakin baik

5. Siti, (2014), telah dilakukan penelitian *Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair*, dari hasil penelitian menyatakan bahwa Setelah dilakukan pembakaran tempurung kering pada dengan suhu  $300\text{--}500^\circ\text{C}$  selama 3-5 jam. Arang hasil pembakaran direndam dengan bahan kimia  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{ZnCl}_2$  (kadar 25 %) selama 12-24 jam untuk menjadi arang aktif, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu  $110\text{--}800^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Suhu aktivasi mempengaruhi kualitas karbon aktif yang terbentuk. Dari uji kualitas karbon aktif yang dilakukan, kualitas karbon aktif yang terbaik diperoleh pada suhu  $800^\circ\text{C}$  dengan kadar air 1,3 %, kadar abu 0,60 % memenuhi standar SII 0258-79 dan memiliki daya serap terhadap kadar iod sebesar 580,0 mg/g yang memenuhi standar SNI 06-3730. Penjernihan air limbah rumah tangga, air berwarna menggunakan karbon aktif dari suhu aktivasi  $800^\circ\text{C}$  menghasilkan air yang jernih, tidak berbau dan memenuhi pH standar air (7,0-7,5).



*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*



## **BAB III**

### **METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK**

#### **III.1 Tahap Pelaksanaan**

1. Persiapan bahan baku
2. Tahap percobaan
3. Tahap analisa

#### **III.2 Bahan yang Digunakan**

1. Tempurung Siwalan
2. Aquades
3. Larutan Amilum
4. Larutan  $I_2$
5. Larutan  $Na_2S_2O_3$
6. Larutan  $ZnCl_2$
7. Larutan  $Na_2CO_3$

#### **III.3 Peralatan yang Digunakan**

1. Ayakan
2. *Beaker glass*
3. Cawan porselen
4. Corong
5. Erlenmeyer
6. Mortar dan alu
7. *Furnace*
8. Gelas arloji
9. Gelas ukur
10. Kertas saring
11. Labu ukur
12. Oven
13. Pipet tetes
14. *Shaker*
15. Spatula
16. Termometer
17. Timbangan elektrik



---

### III.4 Variabel yang Digunakan

#### III.4.1 Variabel Tetap

1. Ukuran karbon aktif : 6,3 mm
2. Temperature karbonisasi : 300°C
3. Waktu karbonisasi : 1 jam
4. Lama waktu aktivasi : 24 jam

#### III.4.2 Variabel Berubah

1. Aktivator :  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{ZnCl}_2$
2. Konsentrasi aktivator : 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30 %.

### III.5 Prosedur Pembuatan

#### III.5.1 Tahap Persiapan

1. Menyiapkan tempurung siwalan yang telah dibersihkan dari sabut dan sisa daging buah yang menempel pada tempurung.
2. Menimbang berat awal ( $W_0$ ) pada tempurung siwalan untuk mengetahui kadar air sebelum di *furnace*.
3. Mengeringkan tempurung dengan panas sinar matahari dan menimbang kembali tempurung siwalan tersebut ( $W_1$ ).

#### III.5.2 Tahap Proses Pembuatan Karbon Aktif

##### III.5.2.1 Tahap Karbonisasi

1. Memasukkan 650 gram tempurung siwalan kedalam *furnace* pada suhu 300°C selama 1 jam.
2. Mendinginkan arang tempurung siwalan sampai suhu 30°C.
3. Menghancurkan arang menggunakan mortar dan alu, kemudian mengayak dengan ayakan 6,3 mm.

##### III.5.2.2 Tahap Aktivasi

1. Menimbang 15 gram arang tempurung siwalan untuk masing-masing perlakuan.
2. Merendam arang tempurung siwalan dalam larutan



- aktivator dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30 % dengan perbandingan massa arang dan volume larutan 15 gr : 50 mL (1:3,33) serta lama waktu perendaman selama 24 jam.
3. Setelah perendaman arang tempurung siwalan disaring dengan menggunakan kertas saring.
  4. Mencuci arang tempurung siwalan dengan aquadest, kemudian mengeringkan dengan oven pada suhu 105°C selama 4 jam.
  5. Melakukan analisa pada masing-masing sampel karbon aktif.

### **III.5.3 Prosedur Analisa**

#### **III.5.3.1 Analisa Kadar Air**

Keberadaan air di dalam karbon berkaitan dengan sifat higroskopis dari karbon aktif. Prosedur penetapan Kadar Air mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06–3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian karbon aktif.

#### **III.5.3.2 Analisa Kadar Abu**

Kadar abu merupakan zat yang tersisa pada saat tempurung siwalan terbakar. Prosedur penetapan Kadar Abu mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06–3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian karbon aktif.

#### **III.5.3.3 Analisa Kadar Zat Menguap**

Prosedur penetapan kadar zat menguap mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06–3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian karbon aktif.

#### **III.5.3.4 Analisa *Fixed Carbon***

Prosedur penetapan Kadar Karbon Terikat mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06–3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian karbon aktif. Karbon terikat adalah fraksi karbon yang terikat di dalam ruang selain fraksi air, zat menguap



---

dan abu.

### III.5.3.5 Analisa *Iodine Number*

Daya adsorpsi karbon aktif terhadap iodin mengindikasikan kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi komponen dengan berat molekul rendah. Prosedur penetapan daya serap karbon aktif terhadap yodium mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06 – 3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian karbon aktif.

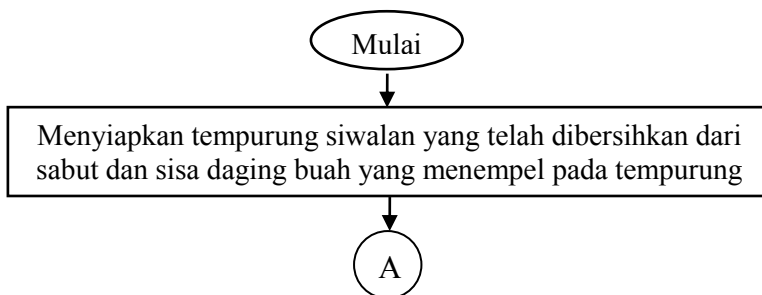
### III.5.4 Tempat Pelaksanaan

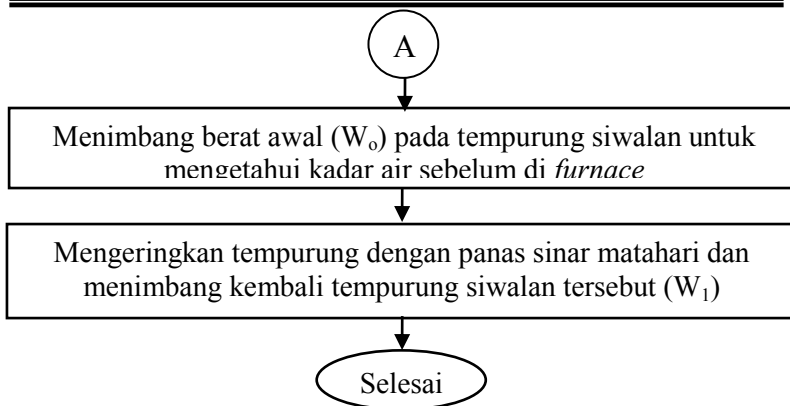
Adapun tempat pelaksanaan percobaan inovasi ini dilakukan khususnya di Laboratorium sebagai berikut ini :

1. Laboratorium Teknologi Pengolahan Limbah, Kampus DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
2. Laboratorium Kampus S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perancangan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
3. Tempurung siwalan sebagai bahan baku karbon aktif diperoleh dari Desa Kowang, Kecamatan Semanding, Tuban.

## III.6 Diagram Alir Pelaksanaan Inovasi

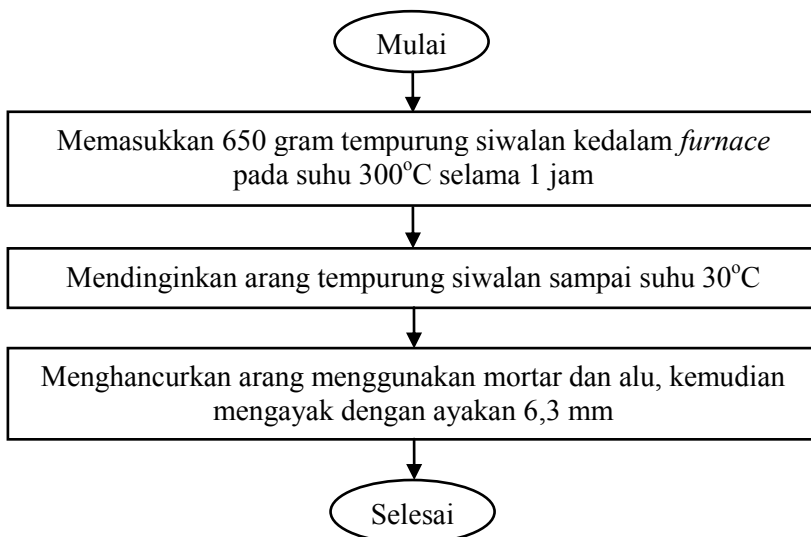
### III.6.1 Tahap Persiapan





### III.6.2 Tahap Proses Pembuatan Karbon Aktif

#### III.6.2.1 Tahap Karbonisasi

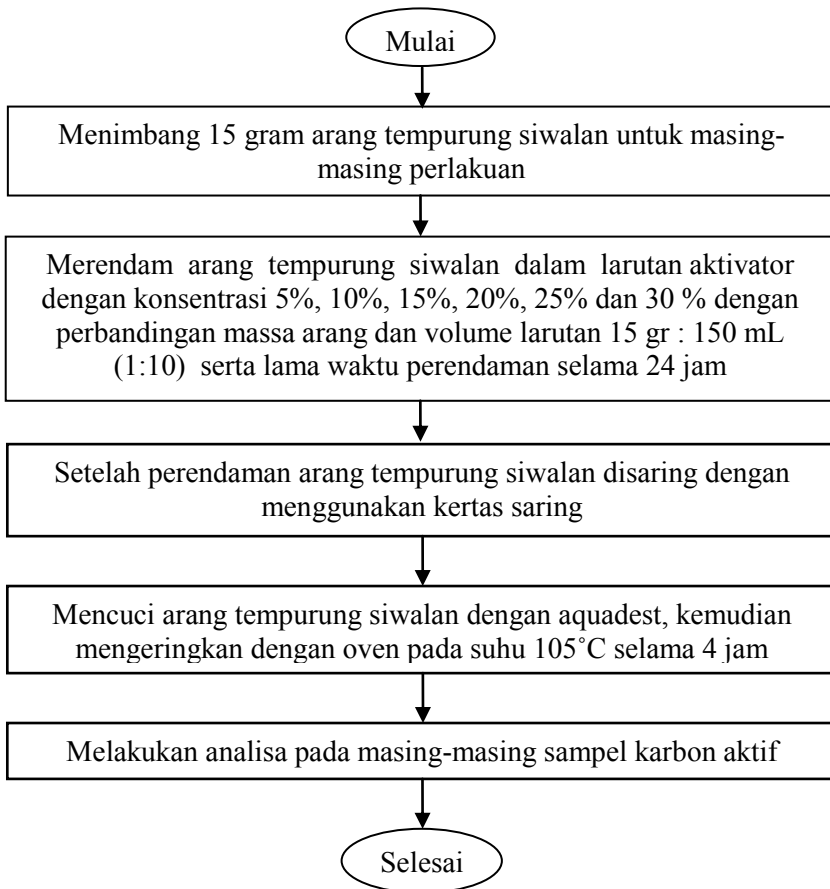




---

**III.6.2.2 Tahap Aktivasi**

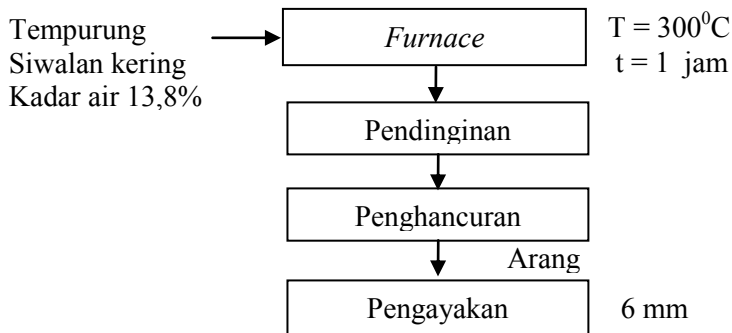
---



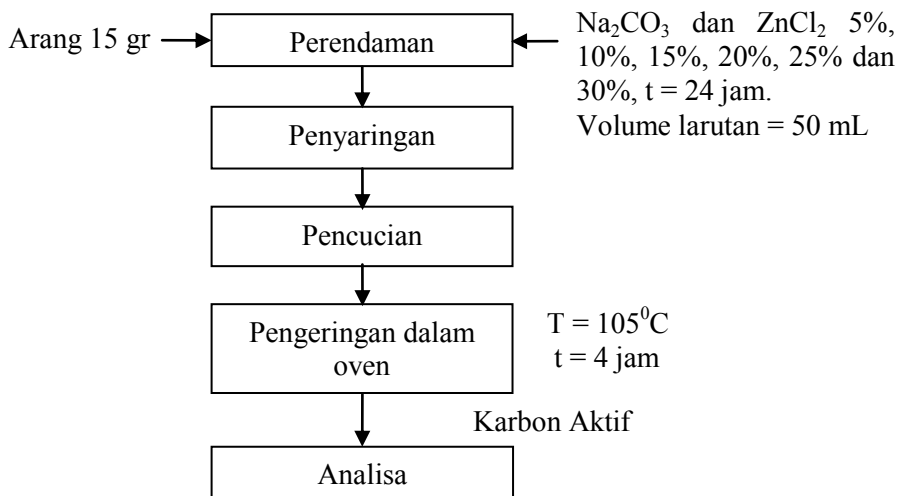


### III.7 Diagram Blok Proses Pembuatan Karbon Aktif

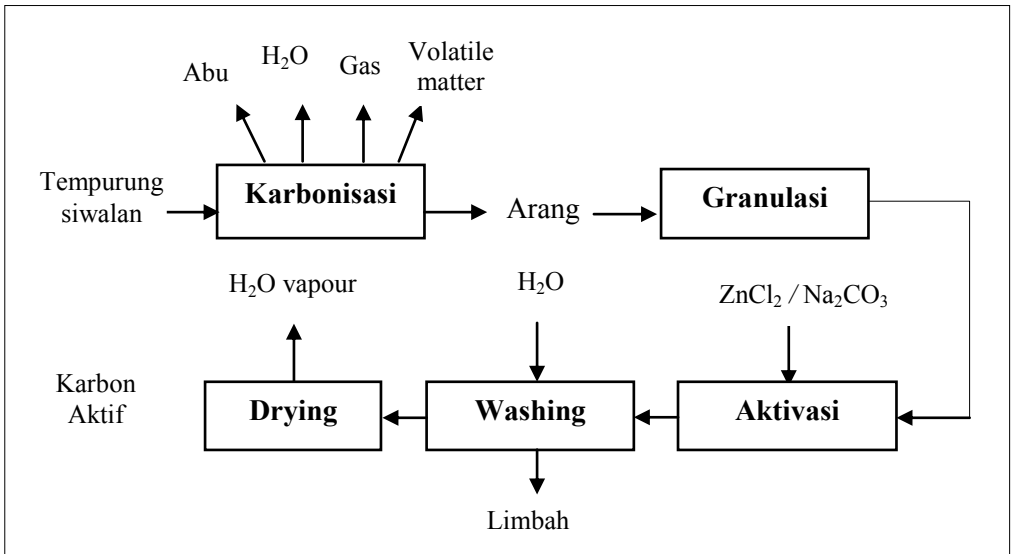
#### III.7.1 Pembuatan Arang



#### III.7.2 Pembuatan Karbon Aktif



### III.8 Diagram Alir Percobaan

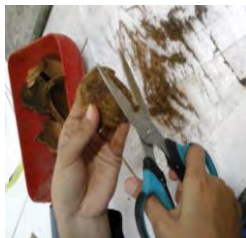


### III.9 Gambar Proses Percobaan

#### • Tahap Persiapan Bahan Baku



Kulit dan sabut siwalan yang belum dibersihkan



Tempurung dipisahkan dari sabut nya



Pengeringan tempurung siwalan





- Tahap Percobaan

**1. Proses karbonisasi**

Menimbang 650 gr tempurung



Tempurung siwalan (kadar air 13,8%)



Proses karbonisasi  
 $T = 300^{\circ}\text{C}$ ,  $t = 1\text{ jam}$



Arang Tempurung

**2. Proses Aktivasi**

Membuat larutan aktivasi



Perendaman  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%,  $t = 24$  jam



Penyaringan



Pencucian dengan aquadest



Penyaringan



Pengovenan  $T = 105^{\circ}\text{C}$ ,  $t = 4\text{ jam}$



Karbon Aktif

- **Tahap Analisa Karbon Aktif**

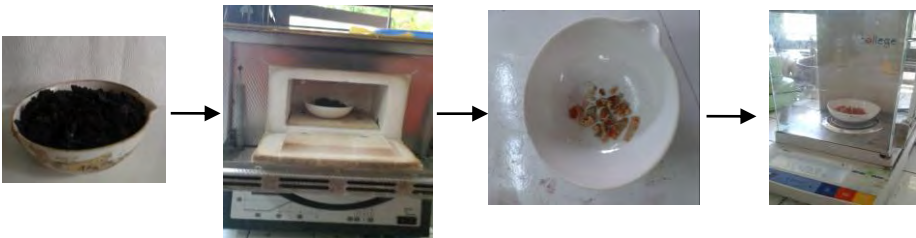
- a. **Kadar Air**



- b. **Kadar Abu**



- c. **Kadar Zat Menguap**



- d. **Bilangan Iodin**





*Bab III Metodologi Pembuatan Produk*

---

## BAB IV

### HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

#### IV.1 Hasil Percobaan

##### IV.1.1 Uji kualitas / mutu karbon aktif berdasarkan SNI 06-3730-1995

Kualitas karbon aktif tergantung dari jenis bahan baku, teknologi pengolahan, cara pengerjakan dan ketepatan penggunaannya. Berbagai versi standar kualitas karbon aktif telah dibuat oleh negara maju seperti Amerika, Inggris, Korea, Jepang, dan Jerman. Indonesia telah membuat pula standar mutu karbon aktif menurut SNI 06-3730-1995.

Hasil percobaan analisa kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat, dan bilangan iodin pada karbon aktif dari tempurung siwalan sebagai berikut.

**Tabel 4.1** Hasil Analisa Mutu Karbon Aktif dari Tempurung Siwalan

Aktivator	Konsentrasi Aktivator (%)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Menguap (%)	Kadar Karbon Terikat (%)	Bilangan Iodin (mg/g)
ZnCl <sub>2</sub>	5	0,85	0,44	11,93	86,77	644,57
	10	0,84	0,40	11,37	87,39	685,5
	15	0,81	0,37	10,91	87,90	782,56
	20	0,80	0,35	10,88	87,97	791,64
	25	0,74	0,34	10,15	88,77	815,8
	30	0,72	0,31	10,12	88,85	982,3
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	5	0,94	0,52	12,13	86,41	520,61
	10	0,86	0,51	12,08	86,55	564,5
	15	0,84	0,49	11,92	86,75	658,3
	20	0,80	0,48	11,47	87,26	758,1
	25	0,78	0,46	11,31	87,45	762,5
	30	0,81	0,47	11,79	86,94	761,5



## IV.2 Pembahasan

### IV.2.1 Pembuatan Karbon Aktif

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk membuat karbon aktif dari limbah tempurung siwalan yang sesuai dengan SNI 06-3730-1995 dan mengetahui pengaruh konsentrasi akitivator  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  terhadap hasil uji analisa *proximate* dan *iodine number* pada daya serap karbon aktif dari tempurung siwalan.

Pada percobaan pembuatan karbon aktif dari tempurung siwalan dilakukan melalui tahap dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi. Tahap dehidrasi yang bertujuan untuk penghilangan air. Bahan baku dipanaskan sampai temperatur  $110^\circ\text{C}$ . Kemudian proses karbonisasi yang bertujuan untuk pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon. Pada suhu karbonisasi  $100^\circ\text{C}$  sampai  $200^\circ\text{C}$  akan menghasilkan  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  dan asam asetat. Selanjutnya karbonisasi pada suhu antara  $200^\circ\text{C}$  sampai  $300^\circ\text{C}$  ini, unsur-unsur terdekomposisi dalam bentuk gas seperti  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , tar, methanol dan hidrokarbon, sehingga secara perlahan-lahan tempurung siwalan menjadi arang. Hasil proses karbonisasi tersaji pada table 4.2. Hal itu ditandai dengan munculnya asap udara yang hitam yang berbau menyengat (*Sembiring, 2003*). Pembentukan karbon terjadi pada temperatur  $400 - 600^\circ\text{C}$ .

**Tabel 4.2** Proses Karbonisasi Tempurung siwalan

Suhu Karbonisasi ( $^\circ\text{C}$ )	Senyawa yang terdekomposisi	Konsisi Proses Karbonisasi
0 – 100	$\text{H}_2\text{O}$	Tidak terlihat asap hitam
100 – 200	$\text{CO}$ , $\text{CO}_2$ , dan asam asetat	Terdapat sedikit asap hitam
200 – 300	$\text{H}_2$ , $\text{CH}_4$ , methanol, tar dan gas hidrokarbon	Terdapat asap hitam

Tahap aktivasi bertujuan untuk dekomposisi tar dan perluasan pori-pori. Dapat dilakukan dengan aktivasi kimia, fisika dan kimia-fisika. Aktivasi kimia berfungsi untuk mendegradasi



dan penghidrasi molekul organik, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik pada aktivitas berikutnya, dehidrasi air yang terjebak dalam rongga-rongga karbon, membantu mengeluarkan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi dan melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi (Manocha, 2003).

Aktivasi kimia berfungsi untuk mendegradasi dan penghidrasi molekul organik, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik pada aktivitas berikutnya, dehidrasi air yang terjebak dalam rongga-rongga karbon, membantu mengeluarkan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi dan melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi (Manocha, 2003).

Proses aktivasi kimia dilakukan dengan menambahkan senyawa kimia pada arang tempurung siwalan berupa  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan variasi konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Tujuan dari penambahan  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  adalah sebagai aktivator untuk memutuskan ikatan hidrokarbon sehingga pori-pori permukaan arang menjadi lebih luas. Selain itu, tujuan dari perlakuan variasi konsentrasi ini untuk mengetahui hubungan kelinieran antara pengaruh sifat karakteristik karbon aktif yang dihasilkan terhadap konsentrasi zat aktivator. Menurut Bansal et. Al (1998), menyebutkan bahwa sifat zat pengaktif yang berhubungan dengan mutu karbon aktif adalah stabilitas termal dan karakter kovalen. Stabilitas termal berperan dalam mempertahankan kestabilan zat pengaktif dalam proses aktivasi yang dilakukan pada suhu tinggi, sedangkan karakter kovalen berkaitan dengan interaksi kovalen antara arang dengan zat pengaktif yang berlangsung pada suhu tinggi untuk membuka pori arang. Menurut Hsu dan Teng (2000), mengatakan bahwa dalam pembuatan karbon aktif dari bahan dengan kandungan lignoselulosa lebih baik menggunakan aktivator bersifat asam seperti  $\text{ZnCl}_2$ . Minyu dan Proctor (1993) mengatakan bahwa



senyawa organik dengan gugus fungsional asam, akan terjerap dengan baik pada permukaan polar. Karbon aktif yang diaktivasi secara kimia diharapkan dapat mempunyai sifat polar sehingga dapat menyerap asam. Penggunaan natrium karbonat sebagai zat aktivator kimia karena zat aktivator  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  mampu berfungsi sebagai dehidrat pada karbon aktif yang dihasilkan. Selain itu,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang tidak toksik, harganya sangat terjangkau dibanding dengan jenis aktivator yang lain dan aman terhadap lingkungan sehingga limbah yang dihasilkan tidak menyebabkan pencemaran lingkungan menjadi alasan terpenting dalam penggunaannya sebagai aktivator.

Menurut Effendy (2008), garam  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dalam fasa cair terdiri dari ion-ion positif dan ion-ion negatif yang tersusun secara acak, sehingga dalam fasa larutannya  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  lebih stabil dalam keadaan ionnya yaitu bentuk  $\text{Na}^+$  dan  $\text{CO}_3^-$ . Prihatini (2005) menjelaskan bahwa garam yang terionisasi akan menarik molekul-molekul air disekitarnya dan peristiwa ini disebut sebagai hidrasi.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang dalam fasa larutannya membentuk ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{CO}_3^-$  akan mengimpregnasi permukaan karbon dan mengisi pori-pori karbon. Air dalam karbon aktif terikat oleh zat aktivator  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dalam pori-pori karbon aktif. Selain itu,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  merupakan senyawa ionic tidak larut atau sukar larut dalam pelarut non polar karena gaya ion-dipol induksian yang terjadi antara ion-ion dengan molekul senyawa non-polar cenderung tidak dapat mengatasi energy kisi kristal, yaitu energi hasil interaksi ion-ion.

Melakukan analisa karbon aktif dengan uji proximate untuk mengetahui kandungan kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat serta analisa iodin untuk mengetahui luas permukaan aktifnya berdasarkan daya serapnya terhadap iodin dalam liquid.

#### **IV.2.2 Karakteristik Karbon Aktif**

Karakteristik dari sifat karbon aktif dihasilkan dalam percobaan ini. Perbedaan konsentrasi  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebagai



aktivator memberikan sifat karakteristik yang berbeda pada masing-masing karbon aktif. sifat karakteristik yang diamati pada percobaan ini yaitu meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat dan daya serap karbon aktif terhadap iodin.

### **1. Kadar Air**

Menurut Hasler (1974), menyatakan bahwa keberadaan air di dalam karbon berkaitan dengan sifat higroskopis dari karbon aktif, dimana karbon aktif mempunyai sifat afinitas yang besar terhadap air. Sifat yang sangat higroskopis inilah yang menyebabkan karbon aktif digunakan sebagai adsorben. Metode yang digunakan dalam penentuan kadar air dari karbon aktif adalah metode gravimetri yang merupakan analisa kimia berdasarkan penimbangan. Dalam penentuan kadar air pada karbon aktif ini dianalisis berdasarkan perbedaan penimbangan berat karbon aktif sebelum diuapkan kandungan airnya dan ketika sudah diuapkan kandungan airnya. Penetapan kadar air arang aktif bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari arang aktif. Penentuan kadar air dilakukan dengan penimbangan sebanyak 1 gram arang aktif sebagai massa mula-mula yang dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam. Hal tersebut bertujuan untuk melakukan dehidrasi pada karbon aktif tempurung siwalan secara maksimal. Selanjutnya, dimasukkan ke dalam desikator agar karbon aktif tetap dalam kondisi kering tidak menyerap air disekitar ruangan sebelum ditimbang dan dilakukan penimbangan kembali untuk memperoleh berat konstan karbon aktif tempurung siwalan. Gravimetri merupakan metode analisis kimia menggunakan cara penimbangan dimana komponen yang tidak diinginkan dalam hal ini adalah air diuapkan terlebih dahulu.

Penentuan kadar air dilakukan dengan asumsi bahwa dalam karbon aktif hanya air yang merupakan senyawa volatile yang masih ada dalam pori karbon aktif. keberadaan air masih ada dalam pori karbon aktif karena masih ada air yang terjebak dalam rongga dan menutupi pori-pori karbon aktif. Semakin rendah





kadar air menunjukkan sedikitnya air yang tertinggal dan menutupi pori karbon aktif. Jika kadar air rendah maka banyak tempat di dalam pori yang dapat ditempati oleh molekul iodin. Berikut hasil pengukuran kadar air karbon aktif dari tempurung siwalan diperlihatkan dalam **Tabel 4.1**.

Dari **Tabel 4.1** menunjukkan bahwa kadar air untuk masing-masing konsentrasi pada karbon aktif tempurung siwalan yang diaktivasi dengan konsentrasi  $\text{ZnCl}_2$  5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% didapatkan sebesar 0,85%; 0,84%; 0,81%; 0,80%; 0,74%; dan 0,72% sedangkan untuk karbon aktif tempurung siwalan yang diaktivasi menggunakan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% berturut-turut adalah 0,94%; 0,86; 0,84%, 0,80%; 0,78% dan 0,812%. Rata-rata penurunan kadar air dengan aktivator  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebesar 3,2370% dan 2,8504%. Pada konsentrasi aktivasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  30% mengalami kenaikan kadar air. Hal ini disebabkan karena konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang digunakan terlalu besar sehingga banyak  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang terjebak dalam pori karbon akan menyerap air yang ada di lingkungan sekitarnya dan menambah kandungan air dalam karbon. Nilai kadar air dari karbon aktif yang telah teraktivasi menunjukkan kualitas karbon aktif menurut SNI 06-3730-95 yaitu maksimal sebesar 4,5%. Dengan demikian, kadar air karbon aktif dari tempurung siwalan yang dihasilkan telah memenuhi syarat mutu karbon aktif dengan nilai kadar air yang jauh dibawah batas maksimal kadar air yang ditentukan.

Kandungan air dalam karbon aktif dipengaruhi oleh konsentrasi  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Adanya kandungan air yang terdapat dalam pori-pori karbon aktif menunjukkan belum sempurnanya kandungan air yang teruapkan dan hilang dari pori-pori. Air dalam karbon aktif terikat oleh zat aktivator  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dalam pori-pori karbon aktif. Hal ini terjadi karena  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  serta karbon aktif yang bersifat higroskopis. Variasi konsentrasi  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebagai aktivator kimia mempengaruhi kadar air karbon aktif yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang digunakan, maka



kandungan air dalam karbon aktif semakin rendah. Hal ini terjadi karena semakin besar zat aktivator yang digunakan, maka semakin banyak air yang didehidrasi oleh  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  karena sifatnya yang berfungsi sebagai *dehydrating agent*. Hal ini sesuai dengan kemampuan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang mampu menyerap air dengan energi solvasi yang dimilikinya.

Tingginya kadar air yang terdapat pada karbon aktif setelah dilakukan proses aktivasi lebih disebabkan oleh sifat higroskopis karbon aktif dan juga adanya molekul uap air yang terperangkap di dalam kisi-kisi heksagonal arang aktif sedangkan rendahnya kadar air yang terdapat pada karbon aktif tempurung siwalan menunjukkan bahwa kandungan air bebas dan air terikat yang terdapat dalam karbon aktif telah menguap selama proses karbonisasi. Penurunan kadar air ini sangat erat hubungannya dengan sifat higroskopis dari aktivator  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Terikatnya molekul air oleh aktivator akan meningkatkan kemampuan adsorpsi dari karbon aktif. Meningkatnya kemampuan adsorpsi dari karbon aktif tempurung siwalan menunjukkan baiknya kualitas dari karbon aktif tersebut dalam menyerap emisi gas buang kendaraan bermotor (Budiono, 2010).

## 2. Kadar Abu

Selain kadar air, parameter lain yang juga mempengaruhi kualitas arang aktif adalah kadar abu. Kadar abu merupakan persentase berat oksida-oksida mineral dalam karbon seperti silikon, sulfur, kalsium, dan komponen lain dalam jumlah kecil. Penentuan kadar abu bertujuan untuk menentukan kandungan oksida logam yang masih terdapat dalam karbon aktif tempurung siwalan setelah melalui proses aktivasi pada suhu  $300^\circ\text{C}$ . Kadar abu akan mempengaruhi kualitas karbon aktif sebagai adsorben.

Pengujian kadar abu dilakukan dengan memanaskan karbon aktif tempurung siwalan dalam furnace pada suhu  $600^\circ\text{C}$  selama 1 jam. Hasil yang diperoleh adalah abu berupa oksida-oksida logam yang terdiri dari mineral yang tidak dapat menguap pada proses pengabuan. Hasil pengujian menunjukkan penurunan persentase kadar abu setelah aktivasi. Penurunan tersebut



disebabkan adanya aktivator asam yang dapat melarutkan oksida-oksida logam (Chang, 2005). Nilai kadar abu untuk semua karbon aktif tempurung siwalan lebih rendah dari ambang batas kualitas karbon aktif yaitu maksimal sebesar 2,5% atau telah memenuhi standar yang telah ditetapkan SNI 06-3730-95. Berikut hasil analisis kadar abu karbon aktif tempurung siwalan terlihat pada **Tabel 4.1**.

Dari **Tabel 4.1** menunjukkan bahwa kadar abu untuk masing-masing konsentrasi pengaktif pada karbon aktif tempurung siwalan yang diaktivasi dengan konsentrasi  $\text{ZnCl}_2$  5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% dihasilkan sebesar 0,44%; 0,40%; 0,37%; 0,35%; 0,34%; dan 0,31% sedangkan untuk karbon aktif tempurung siwalan yang diaktivasi menggunakan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% berturut-turut adalah 0,52%; 0,52%; 0,49%; 0,48%; 0,46% dan 0,47%. Rata-rata penurunan kadar abu dengan aktivator  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebesar 6,7354% dan 1,9756%. Pada konsentrasi aktivasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  30% mengalami kenaikan kadar abu. Hal ini disebabkan karena konsentrasi aktivasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang digunakan terlalu besar sehingga banyak  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang terjebak dalam pori karbon akan menyerap air yang ada di lingkungan sekitarnya dan menambah kandungan air dalam karbon. Akibatnya terdapat sisa mineral logam-logam yang tidak dapat menguap pada proses pengabuan.

Karbon aktif terdiri dari lapisan-lapisan bertumpuk satu sama lain yang membentuk pori. Dimana pada pori-pori arang biasanya terdapat pengotor berupa mineral anorganik dan oksida logam yang menutupi pori. Selama proses aktivasi, pengotor tersebut larut dalam aktivator sehingga menyebabkan luas permukaan pori-pori semakin besar karena adanya pori-pori baru yang terbentuk. Hal ini mengakibatkan semakin besar luas permukaan dari karbon aktif semakin baik kualitas dari karbon aktif tersebut.



### 3. Kadar Zat Menguap

Penetapan kadar zat mudah menguap bertujuan untuk mengetahui jumlah zat atau senyawa yang belum menguap pada proses karbonisasi dan aktivasi tetapi menguap pada suhu 950°C. Menurut Sudrajat (1985) dalam Suryani (2009), komponen yang terdapat dalam karbon aktif adalah air, abu, karbon terikat, nitrogen, dan sulfur. Besarnya kadar zat mudah menguap mengarah kepada kemampuan daya serap arang aktif. Kadar zat mudah menguap yang tinggi akan mengurangi daya serap karbon aktif. Peningkatan suhu aktivasi cenderung menurunkan kadar zat mudah menguap. Hal ini terjadi karena pada suhu tinggi, terjadi pelepasan senyawa yang terperap pada pori permukaan karbon aktif seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ , dan  $\text{H}_2$  dapat berlangsung sempurna. Kadar zat mudah menguap karbon aktif yang dibuat telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 yaitu maksimum 15%. Adapun kadar zat mudah menguap yang terukur pada percobaan karbon aktif tempurung siwalan dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Dari **Tabel 4.1** menunjukkan bahwa kadar zat mudah menguap untuk masing-masing konsentrasi pengaktif pada karbon aktif tempurung siwalan yang diaktivasi dengan konsentrasi  $\text{ZnCl}_2$  5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% dihasilkan kadar zat mudah menguap sebesar 11,93%; 11,37%; 10,91%; 10,88%; 10,15%; dan 10,12% sedangkan untuk karbon aktif tempurung siwalan yang diaktivasi menggunakan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% berturut-turut adalah 12,13%; 12,08%; 12,92%; 11,47%; 11,31% dan 11,79%. Rata-rata penurunan kadar zat mudah menguap dengan aktivator  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebesar 3,2040% dan 0,5326%. Pada konsentrasi aktivasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  30% mengalami kenaikan kadar zat mudah menguap. Hal ini disebabkan karena banyaknya senyawa yang belum menguap pada proses karbonisasi dan aktivasi, akan tetapi menguap pada suhu 950°C. Kadar zat mudah menguap dari arang yang setelah aktivasi menunjukkan persentase yang sangat besar. Hal tersebut disebabkan karena pada saat proses aktivasi,



zat mudah menguap yang menutupi pori permukaan arang aktif menguap ketika diberi suhu tinggi.

#### 4. Kadar Karbon Terikat

Karbon dalam arang adalah zat yang terdapat pada fraksi hasil pirolisis selain abu (zat organik) dan zat-zat atsiri yang masih terdapat pada pori-pori arang. Penentuan kadar karbon terikat bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon setelah proses karbonisasi dan aktivasi (Suryani, 2009). Semakin tinggi kadar karbon, semakin baik digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif. Kadar karbon terikat dihitung dari nilai kadar zat mudah menguap dan kadar abu. Dari hasil analisa karbon yang terikat terlihat bahwa *fixed karbon* dari karbon aktif dihasilkan kandungan karbon sangat tinggi.

Dari **Tabel 4.1** menunjukkan bahwa kadar karbon terikat untuk masing-masing konsentrasi pengaktif pada karbon aktif tempurung siwalan yang diaktivasi dengan konsentrasi  $\text{ZnCl}_2$  5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% dihasilkan kadar karbon terikat sebesar 86,77%; 87,39%; 87,90%; 87,97%; 88,77%; dan 88,85% sedangkan untuk karbon aktif tempurung siwalan yang diaktivasi menggunakan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% berturut-turut adalah 86,41%; 86,55%; 86,75%; 87,26%; 87,45%; dan 86,94%. Rata-rata peingkatan kadar karbon terikat dengan aktivator  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebesar 0,4721% dan 0,1215%. Pada konsentrasi aktivasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  30% mengalami penurunan kadar karbon terikat. Hal ini disebabkan karena banyaknya karbon yang terlepas dari tempurung siwalan bersama dengan kadar air, kadar abu, dan kadar zat mudah menguap selama proses karbonisasi dan aktivasi. Hasil percobaan menunjukkan kenaikan persentase kadar karbon terikat setelah aktivasi. Kenaikan tersebut disebabkan rendahnya persentase kadar abu dan kadar zat mudah menguap yang terdapat pada arang setelah aktivasi. Nilai kadar karbon terikat untuk semua sampel karbon aktif tempurung siwalan jauh lebih tinggi dari persentase minimum yang telah ditetapkan sebagai kualitas karbon aktif yaitu sebesar 80 % atau telah memenuhi standar



yang telah ditetapkan SNI 06-3730-95.

### 5. Bilangan Iodin

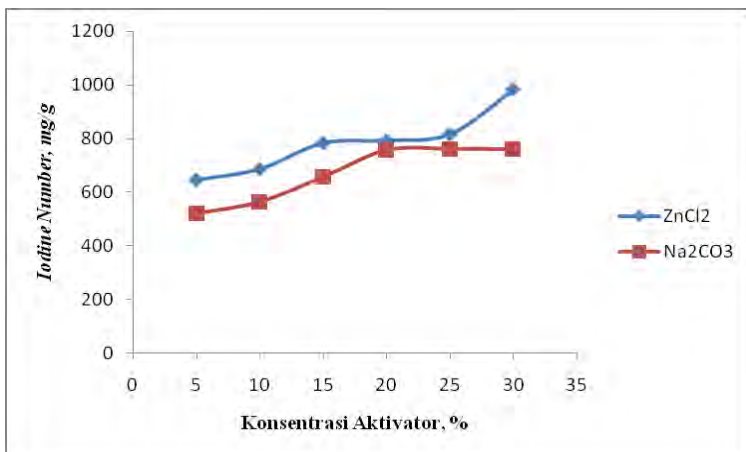
Prinsip dari analisa iod adalah bahwa arang mempunyai daya serap terhadap larutan iodium ( $I_2$ ). Bilangan iod didefinisikan sebagai jumlah mg iodine yang terserap oleh 1 gr karbon aktif dalam suatu larutan ketika konsentrasi iodin dalam residual filtrate adalah sebesar 0,1N. Berkurangnya kepekatan 0,1N larutan  $I_2$  diperhitungkan sehingga mendapatkan daya serap terhadap iodium. Dari parameter yang telah distandartkan oleh SNI 06-3730-1995 tentang daya serap terhadap iodium, nilai karbon aktif yang memenuhi standart, yaitu minimum 750 mg/g (*Jankowska, 1991*).

Iodometri adalah analisa titrimetri untuk zat-zat reduktor dengan penambahan larutan iodine baku berlebihan dan kelebihanannya dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat baku. Dalam proses analitis, iod digunakan sebagai zat pengoksid (iodimetri), dan ion iodida digunakan sebagai zat pereduksi (iodometri). Suatu kelebihan ion iodida ditambahkan kepada pereaksi oksidasi yang ditentukan dengan larutan natrium tiosulfat. Iodometri merupakan suatu proses analitis tak langsung yang melibatkan iod. Ion iodida berlebih ditambahkan pada suatu zat pengoksid sehingga membebaskan iod, yang kemudian dititrasi dengan natrium tiosulfa. Iodium merupakan oksidator lemah, sedangkan ion iodida merupakan suatu pereaksi reduksi yang cukup kuat. Pada titrasi iodimetri titrasi oksidasi reduksinya menggunakan larutan iodium. Artinya titrasi iodometri suatu larutan oksidator ditambahkan dengan kalium iodida berlebih dan iodium yang dilepaskan (setara dengan jumlah oksidator) dititrasi dengan larutan baku natrium tiosulfat (*Underwood, 2002*).

Daya serap karbon aktif terhadap larutan iodine mengindikasikan kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi komponen dengan berat molekul rendah. Karbon aktif yang mempunyai daya serap yang tinggi terhadap iodin berarti memiliki luas permukaan yang lebih besar dan memiliki struktur mikro dan mesoporous yang lebih besar (*Jankowska, 1991*).



Kemampuan adsorpsi karbon aktif dari tempurung siwalan terhadap larutan iodin yang disebut sebagai angka iodine, hasil percobaan ditunjukkan dalam **Grafik 4.1** sebagai berikut.



**Grafik 4.1** Hubungan Konsentrasi Aktivator dengan *Iodine Number*

Pada **Grafik 4.1** menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara konsentrasi dengan bilangan iodin yang didapatkan. Bilangan iodin tertinggi terdapat pada karbon aktif dengan perendaman larutan ZnCl<sub>2</sub> 30 % sedangkan bilangan iodin terendah pada konsentrasi Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5 %. Rata-rata peningkatan bilangan iodin dengan aktivator ZnCl<sub>2</sub> dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sebesar 7,8864% dan 7,1268%. Karbon aktif yang diaktivasi kimia dengan ZnCl<sub>2</sub> konsentrasi 5% mempunyai angka iodin 644,57 mg/g. Tingginya konsentrasi ZnCl<sub>2</sub> menyebabkan banyak mineral yang teradsorpsi sehingga menyebabkan volume pori karbon aktif cenderung bertambah besar karena garam ini dapat berfungsi sebagai *dehydrating agent* dan membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan pada proses karbonisasi. Sehingga angka iodin juga cenderung bertambah besar dan penambahan bahan-bahan mineral akan



melindungi permukaan karbon aktif sehingga bahaya oksidasi karbon menjadi tertekan, dengan demikian semakin besar konsentrasi  $\text{ZnCl}_2$  maka bahaya oksidasi semakin kecil dan makin kecil pula kehilangan berat karbon, namun konsentrasi  $\text{ZnCl}_2$  yang tinggi dapat menyebabkan terjebaknya garam tersebut dalam kisi kristal karbon aktif. Hal ini ditunjukkan dengan semakin meningkatnya angka iodin yang diperoleh terbaik sebesar 982,3 mg/g. Besarnya angka iodin yang didapatkan juga disebabkan karena perbandingan massa karbon yang diaktivasi dengan volume aktivator yang ditambahkan. Dimana perbandingan antara massa arang tempurung siwalan dan volume larutan aktivasi adalah 15 gr : 50 mL (1:3,33). Menurut Esty Rahmawati, (2013) proses perendaman menggunakan zat aktivator  $\text{ZnCl}_2$ . Sebanyak 50 gram arang direndam dalam 500 ml larutan  $\text{ZnCl}_2$  9%. Dengan demikian, pada percobaan dengan perbandingan 1 : 3,33 menghasilkan konsentrasi zat pengaktif yang lebih tinggi, sehingga berbanding lurus dengan nilai *iodine number*. Semakin tinggi konsentrasi aktivator, maka semakin tinggi *iodine number* yang diperoleh. Akan tetapi pada aktivasi kimia dengan menggunakan konsentrasi  $\text{ZnCl}_2$   $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5 % diperoleh angka iodin minimum sebesar 520,61 mg/g, sedangkan pada penambahan konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  30 % angka iodi yang diperoleh mengalami penurunan sebesar 761,5 mg/g. Hal ini disebabkan oleh banyaknya  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang terjebak dalam pori karbon aktif dan pori karbon aktif mengalami kerusakan dengan adanya  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang lebih besar, sehingga volume pori karbon aktif semakin kecil.

Menurut Rahmawati (2006), menyebutkan bahwa arang yang diaktivasi dengan  $\text{ZnCl}_2$  mampu mengadsorpsi lebih banyak senyawa iodin, metilen biru dan metil jingga jika dibandingkan dengan arang yang diaktivasi dengan pengozonan. Hal ini disebabkan oleh terbukanya permukaan yang tertutup oleh senyawa pengotor. Selain itu, menurut Hawley, pada suhu pemanasan sampai 200°C air yang terkandung dalam bahan baku baru keluar menjadi uap dan pada proses aktivasi kimia, arang





direndam dalam larutan pengaktifasi selama 24 jam lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 600-900°C selama 1-2 jam. Jadi pengovenan pada 110°C belum mampu membuka dan memperluas pori-pori.

Bilangan iodin mengalami peningkatan oleh adanya proses aktivasi. Hal ini disebabkan karena proses aktivasi secara nyata mampu mengembangkan struktur pori melalui pembentukan pori baru. Bilangan iodin terbaik diperoleh pada karbon aktif dengan konsentrasi  $\text{ZnCl}_2$  30 % sebesar 982,3 mg/g, sedangkan daya serap karbon aktif dengan bilangan iodine terendah pada konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5 % dengan nilai sebesar 520,61 mg/g. Dari semua bilangan iodin yang dihasilkan dalam proses adsorpsi yang memenuhi Standar Nasional Indonesia yakni sebesar 750 mg/g adalah aktivasi menggunakan  $\text{ZnCl}_2$  15 %, 20 %, 25 %, dan 30 % sedangkan untuk aktivasi dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang memenuhi pada konsentrasi 20 %, 25 %, dan 30 %.

Penggunaan aktivator  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan konsentrasi tertentu dapat menghasilkan *iodine number* yang cukup memenuhi SNI 06-3730-1995. Dalam menggunakan bahan aktivasi agar dihasilkan daya serap terhadap iodin yang tinggi perlu diperhatikan dari segi ekonomis dan sifat-sifat bahan kimia tersebut. Seng klorida atau  $\text{ZnCl}_2$  merupakan senyawa kimia yang tak berwarna atau putih dan sangat larut dalam air. Sehingga sifatnya yang higroskopis harus dilindungi dari sumber kelembaban, termasuk adanya uap air dalam udara biasa. Selain itu, seng klorida memiliki sifat karakter kovalen yang lebih tinggi dibandingkan aktivator lain. Sedangkan untuk zat pengaktif  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang bersifat tidak toksik, harganya sangat terjangkau dibanding dengan jenis aktivator yang lain dan aman terhadap lingkungan sehingga limbah yang dihasilkan tidak menyebabkan pencemaran lingkungan menjadi alasan terpenting dalam penggunaannya sebagai aktivator. Dipasaran dalam negeri natrium karbonat lebih mudah didapatkan dibandingkan dengan



seng klorida, karena industri  $\text{ZnCl}_2$  tidak ada dalam negeri sehingga harga jual bahan kimia ini jauh lebih mahal.

Berdasarkan penjelasan diatas penggunaan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) lebih ekonomis dan aman dibandingkan dengan jenis aktivator  $\text{ZnCl}_2$ . Penambahan konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang lebih tinggi akan menghasilkan *iodine number* yang tinggi, meskipun dengan penambahan konsentrasi seng klorida yang lebih rendah akan diperoleh *iodine number* yang jauh lebih tinggi. Hal ini dapat dilihat pada penambahan konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  20 % diperoleh daya serap terhadap iodin sebesar 758,1 mg/g, sedangkan pada penambahan konsentrasi  $\text{ZnCl}_2$  15 % diperoleh daya serap terhadap iodin sebesar 782,56 mg/g. Namun, penambahan konsentrasi natrium karbonat yang lebih tinggi lebih ekonomis dikarenakan harga bahan kimia  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang lebih murah yaitu Rp 5.600/kg, sedangkan harga  $\text{ZnCl}_2$  yaitu Rp 27.000/kg.



*“Hal ini sengaja dikosongkan”*

## BAB V

### NERACA MASSA DAN PANAS

#### V.1 Neraca Massa

Jenis bahan baku	= tempurung siwalan
Kapasitas bahan baku	= 650.000 gram
Kapasitas produksi	= 326.614 gram
Satuan massa	= gram
Waktu operasi	= 200 hari operasi; 7 jam/hari

Komposisi kimia tempurung siwalan :

- Selulosa = 11,90%
- Air = 13,80%
- Abu = 4,46%
- Karbon = 44,58%
- Bahan volatile = 23,85%
- Lain-lain = 1,41%

*(Balai Penelitian dan Konsultasi Industri, 2015)*

#### V.1.1 Neraca Massa Proses Karbonisasi

**Tabel 5.1** Neraca Massa Proses Karbonisasi

Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
<b>Aliran &lt; 1 &gt;</b>		<b>Aliran &lt; 2 &gt; dan &lt; 3 &gt;</b>	
O <sub>2</sub>	18334,815	O <sub>2</sub> sisa	3055,802
Selulosa	77350,000	CO	26738,272
Air	89700,000	H <sub>2</sub> O	132672,222
Abu	28990,000	C	312688,519
Karbon	289770,000	Bahan volatile	155025,000
Bahan volatile	155025,000	lain-lain	9165,000
lain-lain	9165,000	Abu	28990,000
<b>Jumlah</b>	<b>668334,815</b>	<b>Jumlah</b>	<b>668334,815</b>



## V.1.2 Neraca Massa Proses Pengayakan

### V.1.2.1 Neraca massa *crusher*<sup>1)</sup>

Tabel 5.2 Neraca Massa *Crusher*<sup>1)</sup>

Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
Aliran < 3 >		Aliran < 4 >	
Arang < 3 >	312688,519	Arang < 4 >	312688,519
<b>Jumlah</b>	<b>312688,519</b>	<b>Jumlah</b>	<b>312688,519</b>

### V.1.2.2 Neraca massa *screener*

Tabel 5.3 Neraca Massa *Screener*

Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
Aliran < 4 >		Aliran < 5 > dan < 6 >	
Arang < 4 >	312688,519	Arang granular < 6 >	273602,454
		Arang serbuk < 6 >	15634,426
		Oversize < 5 >	23451,639
<b>Jumlah</b>	<b>312688,519</b>	<b>Jumlah</b>	<b>312688,519</b>

### V.1.2.3 Neraca Massa *crusher*<sup>2)</sup>

Tabel 5.4 Neraca Massa *Crusher*<sup>1)</sup>

Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
Aliran < 5 >		Aliran < 4 >	
Oversize < 5 >	23451,639	Oversize < 4 >	23451,639
<b>Jumlah</b>	<b>23451,639</b>	<b>Jumlah</b>	<b>23451,639</b>

**V.1.2.4 Neraca Massa screener****Tabel 5.5** Neraca Massa Screener

Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
<b>Aliran &lt; 4 &gt;</b>		<b>Aliran &lt; 5 &gt; dan &lt; 6 &gt;</b>	
Arang < 4 >	23451,639	Arang granular < 6 >	15634,426
		Arang serbuk < 6 >	6253,770
		Oversize < 5 >	1563,443
<b>Jumlah</b>	<b>23451,639</b>	<b>Jumlah</b>	<b>23451,639</b>

**V.1.3 Neraca Massa Proses Aktivasi****Tabel 5.6** Neraca Massa Proses Aktivasi

Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
<b>Aliran &lt; 6 &gt; dan &lt; 7 &gt;</b>		<b>Aliran &lt; 8 &gt; dan &lt; 9 &gt;</b>	
Arang granular < 6 >	289236,880	Arang aktif wet < 9 >	303698,724
Lar. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 20% < 7 >	50.000	Lar. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 20% < 8 >	35538,156
<b>Jumlah</b>	<b>339236,880</b>	<b>Jumlah</b>	<b>339236,880</b>

**V.1.4 Neraca Massa Proses Pencucian****Tabel 5.7** Neraca Massa Proses Pencucian

Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
<b>Aliran &lt; 9 &gt; dan &lt; 10 &gt;</b>		<b>Aliran &lt; 11 &gt; dan &lt; 12 &gt;</b>	
Arang aktif wet <sup>1)</sup> < 9 >	303698,724	Filtrat < 11 >	687233,211
H <sub>2</sub> O < 10 >	723403,380	Arang aktif wet <sup>2)</sup> < 12 >	339868,893
<b>Jumlah</b>	<b>1027102,104</b>	<b>Jumlah</b>	<b>1027102,104</b>



### V.1.5 Neraca Massa Proses Pengeringan

**Tabel 5.8** Neraca Massa Proses Pengeringan

Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
Aliran < 12 >		Aliran < 13 >	
Arang aktif wet < 12 >	339868,893	Arang aktif dry < 14 >	326614,006
		H <sub>2</sub> O teruapkan < 13 >	13254,887
<b>Jumlah</b>	<b>339868,893</b>	<b>Jumlah</b>	<b>339868,893</b>

### V.2 Neraca Panas

Jenis bahan baku	= tempurung siwalan
Kapasitas bahan baku	= 650.000
Satuan massa	= gram
Waktu operasi	= 200 hari operasi; 7 jam/hari

**Tabel 5.9** Komposisi kimia Tempurung Siwalan

Kandungan	Komposisi (%)
Selulosa	11,9
Air	13,8
Karbon	44,58
Abu	4,46
Bahan volatile	23,85
Lain-lain	1,41
<b>Total</b>	<b>100</b>

(Balai Penelitian dan Konsultasi Industri, 2015)

**Tabel 5.10** Kapasitas Panas

Komponen	Cp (Cal/gr °C)
Selulose	0,32
H <sub>2</sub> O	0,9987
Karbon	0,12
Abu	0,65
Bahan Volatile	1,645
CO	0,5604
H <sub>2</sub> O (g)	0,95
O <sub>2</sub>	0,22

(perry, 1997)

**V.2.1 Neraca Panas Proses Karbonisasi****Tabel 5.11** Neraca Panas Masuk

Kandungan	Massa (gr)	Cp (Cal/gr °C)	ΔT (°C)	H (Cal)
Selulosa	77350,000	0,32	5	123760
Air	89700,000	0,9987	5	447916,950
Karbon	289770,000	0,12	5	173862
Abu	28990,000	0,65	5	94217,500
Bahan volatile	155025,000	1,645	5	1275080,625
O <sub>2</sub>	18334,815	0,22	5	20168,297
<b>Total H<sub>1</sub></b>				<b>2135005,372</b>

**Tabel 5.12** Neraca Panas Keluar

Kandungan	Massa (gr)	Cp (Cal/gr °C)	ΔT (°C)	H (Cal)
O <sub>2</sub>	3055,802	0,22	275	184876,049
CO	26738,272	0,5604	275	4120635,037
H <sub>2</sub> O	42972,222	0,9987	275	11801998,542
C	22918,519	0,12	275	756311,111
<b>Total H<sub>2</sub></b>	<b>95684,815</b>			<b>16863820,739</b>



**Tabel 5.13** Neraca Panas Proses Karbonisasi

Masuk	Panas (cal)	Keluar	Panas (cal)
H <sub>1</sub>	2135005,372	H <sub>2</sub>	16863820,739
Q supply	15665155,828	ΔHr	153082,669
		Q loss	783257,791
<b>Total</b>	<b>17800161,199</b>		<b>17800161,199</b>

**V.2.2 Neraca Panas Proses Pengeringan****Tabel 5.14** Neraca Panas Masuk

Komponen	Massa (gr)	C <sub>p</sub> (Cal/gr °C)	ΔT (°C)	H (Cal)
Arang Aktif Wet	339868,893	0,12	5	203921,336
<b>Total H<sub>1</sub></b>	<b>339868,893</b>			<b>203921,336</b>

**Tabel 5.15** Neraca Panas Keluar

Komponen	Massa (gr)	C <sub>p</sub> (Cal/gr °C)	ΔT (°C)	H (Cal)
Arang Aktif Dry	326614,006	0,12	80	3135494,458
H <sub>2</sub> O teruapkan	13254,887			9203822,396
<b>Total H<sub>2</sub></b>	<b>339868,893</b>			<b>12339316,854</b>

**Tabel 5.16** Neraca Panas Proses Pengeringan

Masuk	Panas (cal)	Keluar	Panas (cal)
H <sub>1</sub>	203921,336	H <sub>2</sub>	12339316,854
Q supply	12774100,545	Q loss	638705,027
<b>Total</b>	<b>12978021,881</b>		<b>12978021,881</b>

## BAB VI ANALISA BIAYA

Dalam proses pembuatan karbon aktif dari tempurung siwalan digunakan suatu perhitungan analisa biaya yang berfungsi sebagai gambaran mengenai kelayakan usaha produk karbon aktif dari tempurung siwalan dengan menggunakan perhitungan BEP (*Break Event Point*). Dimana BEP sendiri yaitu titik dimana pada saat pendapatan penjualan cukup untuk menutupi biaya produksi yang dikeluarkan namun belum mencapai keuntungan. BEP sendiri dapat dinyatakan dalam satuan unit atau rupiah. Adapun perhitungan analisa biaya yang dilakukan terhadap produksi karbon aktif yang menggunakan bahan baku tempurung siwalan sebagai berikut :

### VI.1 *Fixed Cost* (FC)

Nama Barang	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Tangki	3	Rp. 200.000,-	Rp. 600.000,-
Pengaduk kayu	6	Rp. 15.000,-	Rp. 90.000,-
Tungku pembakar	3	Rp. 1.000.000,-	Rp. 1.000.000,-
Mesin <i>Crusher</i>	2	Rp. 3.000.000,-	Rp. 6.000.000,-
Ayakan	2	Rp. 35.000,-	Rp. 70.000,-
Drum	4	Rp. 50.000,-	Rp. 200.000,-
Timbangan	1	Rp. 1.250.000,-	Rp. 1.250.000,-
Corong plastik	3	Rp. 10.000,-	Rp. 30.000,-
Saringan plastik	3	Rp. 20.000,-	Rp. 60.000,-
Panci besar	3	Rp. 150.000,-	Rp. 450.000,-
Oven	1	Rp. 3.500.000,-	Rp. 3.500.000,-
Kompор gas	1	Rp. 350.000,-	Rp. 350.000,-
<b>Jumlah seluruhnya</b>			<b>Rp. 15.600.000,-</b>



## VI.2 Variable Cost (VC)

Nama Barang	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Tempurung siwalan	650 kg	Rp. 500/kg,-	Rp 325.000,-
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 20%	10 kg	Rp. 5.600/kg,-	Rp. 56.000,-
Gas LPG	1	Rp.16.000/3kg,-	Rp. 16.000,-
Listrik	- Oven 1,4 kwh x 24 jam = 33,6 kwh - Crusher: 1,1 kwh x 5 jam = 5,5 kwh	Rp. 750/kwh,-	Rp. 30.975,-
Air	35 dm <sup>3</sup>	Rp. 1.600/m <sup>3</sup>	Rp. 56.000,-
Tenaga kerja	5 orang	Rp. 75.000,-	Rp. 375.000,-
Solar	5 liter	Rp. 7.500,-	Rp. 37.500,-
<b>Jumlah sebenarnya</b>			Rp. 896475,-

Produksi perhari = 326 bungkus @ 1 kg

Produksi perbulan = 326 x 25 hari = 8150 unit

Total biaya =

= fixed cost (FC) + variable cost (VC)

= Rp. 15.600.000,00 + (Rp. 896.475 x 25)

= Rp. 15.600.000,00 + Rp. 22.411.875,00

= Rp. 38.011.875,00

Harga pokok produksi = Rp 38.011.875/ 9025

= Rp. 4664,034

Harga jual = Rp. 12.500/kg

Keuntungan = Rp. 7835,966 per kemasan

= Rp. 63.863.122,9 per bulan



$$\begin{aligned} &= \frac{FC}{S - VC} \\ \text{BEP Unit} &= \frac{15.600.000}{12.500 - 8964,75} \\ &= 4412,7 \text{ unit} \\ &= \frac{FC}{1 - \left(\frac{VC}{S}\right)} \\ \text{BEP Rupiah} &= \frac{15.600.000}{1 - \left(\frac{8964,75}{12.500}\right)} \\ &= \text{Rp. } 55.158.758,22 \end{aligned}$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa titik pulang pokok perusahaan diperoleh pada volume penjualan 4412,7 unit atau senilai Rp. 55.158.758,22. Apabila perusahaan telah mencapai angka penjualan tersebut diatas, maka dapat diartikan bahwa perusahaan telah mencapai titik dimana perusahaan tidak mengalami kerugian maupun memperoleh keuntungan.



*“Halamana ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **VII.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari 5 parameter syarat uji mutu karbon aktif yang ditentukan berdasarkan SNI 06-3730-1995 yang meliputi uji kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat, dan daya serap terhadap iodin, maka karbon aktif tempurung siwalan yang memenuhi parameter uji mutu SNI 06-3730-1995 adalah tempurung siwalan yang diaktivasi dengan  $\text{ZnCl}_2$  15 %, 20 %, 25 %, dan 30 % sedangkan untuk aktivator  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang memenuhi pada konsentrasi 20 %, 25 %, dan 30 %.
2. Semakin meningkatnya konsentrasi aktivator dari 5 % hingga 30 % pada aktivator  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , maka penurunan terjadi pada nilai kadar air sebesar 3,2370% dan 2,8504%, kadar abu sebesar 6,7354% dan 1,9756%, dan kadar zat menguap sebesar 3,2040% dan 0,5326%. Sedangkan terjadi peningkatan pada nilai kadar karbon terikat sebesar 0,4721% dan 0,1215%, serta bilangan iodine sebesar 7,8864% dan 7,1268%.
3. Penambahan konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  20 % diperoleh daya serap terhadap iodin sebesar 758,1 mg/g. Hal ini, lebih ekonomis daripada penambahan aktivator  $\text{ZnCl}_2$  15 %. Karena harga  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang lebih murah yaitu Rp 5.600/kg, sedangkan harga  $\text{ZnCl}_2$  yaitu Rp 27.000/kg.

#### **VII.2 Saran**

1. Pada proses perendaman arang dalam larutan pengaktivasi selama 24 jam, setelah ditiriskan. Sebaiknya dipanaskan pada suhu 600-900°C selama 1-2 jam. Hal ini dikarenakan apabila hanya dilakukan pengovenan pada



- 
- 110°C pori-pori karbon belum mampu memperluas pori-pori dan membuka pori-pori baru.
2. Perlu dilakukan tahap karbonisasi bahan baku dengan temperatur 400<sup>0</sup>C–500<sup>0</sup>C dalam lingkungan teroksidasi. Karena proses dekomposisi sulfur menjadi SO<sub>2</sub> dan SO<sub>3</sub> terjadi pada temperature demikian, selain itu terjadi peningkatan kadar pembentukan karbon.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1995. *SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis*. Jakarta: Dewan Standarisasi Nasional.
- Anonymous. 1979. *Mutu dan Cara Uji Arang Aktif, Standar Industri Indonesia*, No. 0258-79, Departemen Perindustrian RI : 1 -2. Jakarta.
- Ash-shiddiqi, M. (2006, Mei). *Pohon Siwalan*. Retrieved Desember 12, 2014, from [http://www.pohon\\_siwalan.com](http://www.pohon_siwalan.com)
- Bansal, C. R., J. B. Donnet, F. Stoeckli. 1988. *Active Carbon*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Billah, M. (2009). UPN Press. *Bahan Bakar Alternatif Padat (BBAP) Serbuk Gergaji Kayu*, 6.
- Cheremisinoff, Morresi. 1978. *Carbon Adsorption Applications, Carbon Adsorption Handbook*; Ann Arbor Science Publishers, Inc, Michigan; 7-8; Michigan.
- Dewati, Retno. 2010. *Kinetika Reaksi Pembuatan Asam Oksalat dari Sabut Siwalan dengan Oksidator H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>*. Surabaya: Teknik Kimia FTI-UPNV Jawa Timur. Jurnal Penelitian Ilmu Teknik Vol. 10, No. 1, Juni 2010: 29-37.
- Dita Anggarini, R. T. (2010). Studi Aktivasi Arang Dari Tempurung Kelapa Dengan Pengozonan. *Jurnal Teknik Kimia*.
- Fatoni, Drs. M. (2015). *Balai Penelitian dan Konsultasi Industri*. Surabaya: Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri.
- Gilar S. Pambayun, R. Y. (2013). Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl<sub>2</sub> dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah. *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1, (2013) ISSN: 2337-3539*, 116-120.
- Gratuito, M.K.B, dkk. 2008. *Production of Activated Carbon from Coconut Shell: Optimization Using Response Surface Methodologi. Thailand*.



- Hafnida Hasni Harahap, Usman Malik, Rahmi Dewi. (2014). Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Menggunakan H<sub>2</sub>O sebagai Aktivator untuk Menganalisis Proksimat, Bilangan Iodine dan Rendemen. *JOM FMIPA VOLUME 1 No.2* , 50.
- Hambali, Erliza, Soejanto. 2007. *Jarak Pagar, Tanaman Penghasil Biodiesel*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ketaren, S., 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Edisi 1, Cetakan 1. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press),.
- Kholis, M. Madji. 2013. *Karbon Aktif*. <http://sains-resources.blogspot.com/2013/07/karbon-aktif.html>.
- Kimia, A. (2014, Maret 27). *Seng Klorida Aplikasinya Luas*. Retrieved November 29, 2014, from Wawasan Ilmu Kimia:<http://wawasanilmukimia.wordpress.com/2014/03/27/seng-klorida-aplikasinya-luas/>.
- Jankowska, H., A. Swiatkowski, and J. Choma, 1991. *Active Carbon*. London : Horwood Press.
- Lutony, T. L. 1993. *Tanaman Sumber Pemanis*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pari, G. dan Sailah, I. 2001. *Pembuatan Arang Aktif Dari Sabut Kelapa Sawit Dengan Bahan Pengaktif NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> Dan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Dosis Rendah*. Bogor.
- Pristianto, Y., 2004, “Proses Fermentasi Nira Siwalan”, UPN ” Veteran ” Jatim, hal. 3-4.
- Pujiyanto. (2010). Pembuatan karbon Aktif Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 3-5.
- Rahmawati, E., 2006, Adsorpsi Senyawa Residu Klorin pada Karbon Aktif Termodifikasi Zink Klorida, Skripsi, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ratnawati, S. H. (2010). Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit Dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12-16.
- R. A. Day, Jr & A. L .Underwood, 2002, *Analisa Kimia Kuantitatif*, Edisi V. Hal. 294.

- Sembiring, M. dan Sinaga, T. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Seya, I. P. (2011, Februari 23). *Garam Zink*. Retrieved Desember 10, 2014, from <http://ikaputriseya.blogspot.com/2011/02/garam-zink.html>.
- Siti Jamilatun, M. S. (2014). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan. *Spektrum Industri*, 2014, Vol. 12, No. 1, 1 – 112, 73-82.
- Smisek, M., Cerny, S., 1970. *Active Carbon From Some Agricultural Waste Products*, The Philippine Agriculturist, V 29, No.4: 275-295. New York.
- Sontheimer dalam Pujiyanto. (1985). *Pembuatan karbon Aktif*, 3-5.
- Sudrajat, 1994. *Petunjuk Teknis Pembuatan Arang Aktif*. Bogor: Puslitbang Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan.
- Sudradjat R. & Pari Gustan. (2011). Arang Aktif : *Teknologi Pengolahan dan Masa Depan* (pp. 3-9). Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Tambunan, P. (2009). Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman. *Potensi dan Kebijakan Pengembangan Lontar Untuk Menambah Pendapatan Penduduk*, 3-7.
- Wahyudi, Bambang. *Pembuatan Etanol dari Sari Sabut Buah Siwalan dengan Proses Hidrolisis Fermentasi*. Surabaya: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN. Jurnal Kimia dan Teknologi ISSN 0216-163X.
- YC. Danarto dan Samun T. (2008). Pengaruh Aktivasi Karbon dari Sekam Padi pada Proses Adsorpsi Logam Cr(VI). *EKUILIBRIUM Vol 7 No. 1* , 13.
- Yessy Meisrilestari, R. K. (2013). Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia, dan Fisika-Kimia. 46-50.

## APPENDIKS A NERACA MASSA

### A. Neraca Massa

#### A.1 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Jenis bahan baku	= tempurung siwalan
Kapasitas bahan baku	= 650.000 gram
Kapasitas produksi	= 326.614 gram
Satuan massa	= gram
Waktu operasi	= 200 hari operasi; 7 jam/hari

**Tabel A.1** Komposisi kimia tempurung siwalan :

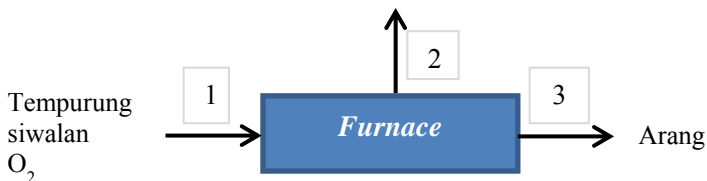
Kandungan	Komposisi (%)	Fraksi
Selulosa	11,90	0,119
Air	13,80	0,138
Abu	4,46	0,045
Karbon	44,58	0,446
Bahan volatile	23,85	0,239
lain-lain	1,41	0,014
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>1</b>

(Balai Penelitian dan Konsultasi Industri, 2015)

#### A.1.1 Neraca Massa Proses Karbonisasi

Basis massa = 650.000 gram tempurung siwalan

$H_2O$ , Abu, Bahan volatile



**Bahan masuk furnace**

**Aliran < 1 >**

Komponen	Komposisi (%)	Massa (gr)
Selulosa	11,90% x 650.000	77350
Air	13,80% x 650.000	89700
Abu	4,46% x 650.000	28990
Karbon	44,58% x 650.000	289770
Bahan volatile	23,85% x 650.000	155025
lain-lain	1,41% x 650.000	9165
<b>Total</b>		<b>650000</b>

Komponen	Massa (gr)	BM	Mol
Selulosa	77350	162	477,469

*Asumsi : Excess O<sub>2</sub> 20%*

<b>Reaksi:</b>	$C_6H_{10}O_5$	$O_2$	$\longrightarrow$	$2CO$	$5H_2O$	$4C$
M	477,469	572,963	-	-	-	-
R	477,469	477,469	954,938	2387,346	1909,877	
S	0,000	95,494	954,938	2387,346	1909,877	

**Bahan keluar furnace**

**Aliran < 2 > dan < 3 >**

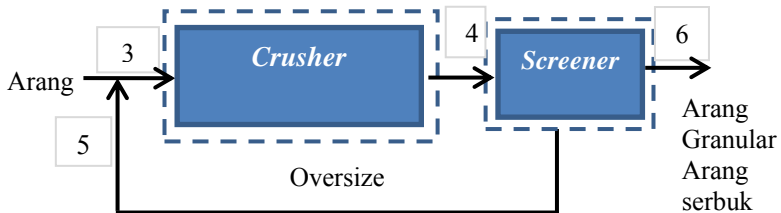
Arang < 3 > = 22918,519 gram

Abu < 2 > = 28990 gram

Keluaran Selulosa	Mol	BM	Gram
O <sub>2</sub>	95,494	32	3055,802
CO	954,938	28	26738,272
H <sub>2</sub> O	2387,346	18	42972,222
C	1909,877	12	22918,519

**Neraca Massa Proses Karbonisasi**

Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
<b>Aliran &lt; 1 &gt;</b>		<b>Aliran &lt; 2 &gt; dan &lt; 3 &gt;</b>	
O <sub>2</sub>	18334,815	O <sub>2</sub> sisa	3055,802
Selulosa	77350,000	CO	26738,272
Air	89700,000	H <sub>2</sub> O	132672,222
Abu	28990,000	C	312688,519
Karbon	289770,000	Bahan volatile	155025,000
Bahan volatile	155025,000	lain-lain	9165,000
lain-lain	9165,000	Abu	28990,000
<b>Jumlah</b>	<b>668334,815</b>	<b>Jumlah</b>	<b>668334,815</b>

**A.1.2 Neraca Massa Proses Pengayakan****Bahan masuk crusher<sup>1)</sup>****Aliran < 3 >**

Komponen	Komposisi (%)	Massa (gr)
Arang < 3 >	100% x 312688,519	312688,519

**Bahan keluar crusher<sup>1)</sup> = Bahan masuk screener****Aliran < 4 >**

Komponen	Komposisi (%)	Massa (gr)
Arang < 4 >	100% x 312688,519	312688,519

**Bahan Keluar Screener****Aliran < 5 > dan < 6 >**

Komponen	Komposisi (%)	Massa (gr)
Arang granular<6>	87,5% x 312688,519	273602,454
Arang serbuk <6>	5% x 312688,519	15634,426
Oversize < 5 >	7,5% x 312688,519	23451,639

**Neraca Massa Crusher<sup>1)</sup>**

Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
<b>Aliran &lt; 3 &gt;</b>		<b>Aliran &lt; 4 &gt;</b>	
Arang < 3 >	312688,519	Arang < 4 >	312688,519
<b>Jumlah</b>	<b>312688,519</b>	<b>Jumlah</b>	<b>312688,519</b>

**Neraca Massa Screener**

Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
<b>Aliran &lt; 4 &gt;</b>		<b>Aliran &lt; 5 &gt; dan &lt; 6 &gt;</b>	
Arang < 4 >	312688,519	Arang granular < 6 >	273602,454
		Arang serbuk < 6 >	15634,426
		Oversize < 5 >	23451,639
<b>Jumlah</b>	<b>312688,519</b>	<b>Jumlah</b>	<b>312688,519</b>

**Bahan masuk crusher<sup>2)</sup>****Aliran < 5 >**

Komponen	Komposisi (%)	Massa (gr)
Oversize < 5 >	7.5% x 312688,519	23451,639

**Bahan keluar crusher = Bahan masuk screener****Aliran < 4 >**

Komponen	Komposisi (%)	Massa (gr)
Oversize < 4 >	7,5% x 312688,519	23451,639

**Bahan keluar screener****Aliran < 5 > dan < 6 >**

Komponen	Komposisi (%)	Massa (gr)
Arang granular < 6 >	5% x 312688,519	15634,426
Arang serbuk < 6 >	2% x 312688,519	6253,770
Oversize < 5 >	0,5% x 312688,519	1563,443

**Neraca Massa Crusher<sup>2)</sup>**

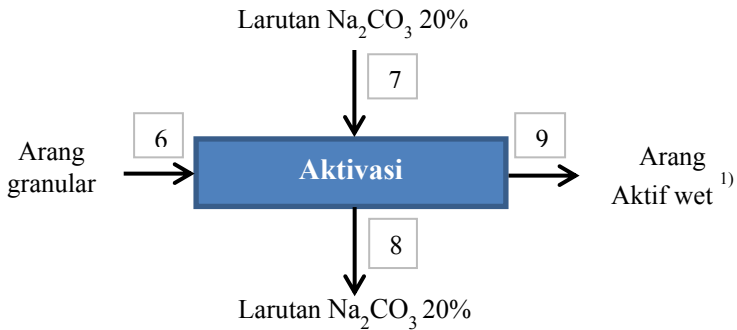
Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
Aliran < 5 >		Aliran < 4 >	
Oversize < 5 >	23451,639	Oversize < 4 >	23451,639
<b>Jumlah</b>	<b>23451,639</b>	<b>Jumlah</b>	<b>23451,639</b>

**Neraca Massa Screener**

Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
Aliran < 4 >		Aliran < 5 > dan < 6 >	
Arang < 4 >	23451,639	Arang granular < 6 >	15634,426
		Arang serbuk < 6 >	6253,770
		Oversize < 5 >	1563,443
<b>Jumlah</b>	<b>23451,639</b>	<b>Jumlah</b>	<b>23451,639</b>

### A.1.3 Neraca Massa Proses Aktivasi

Larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  20% = 50000 gram



#### Bahan masuk

Aliran < 6 > dan < 7 >

Komponen	Komposisi (%)	Massa (gr)
Arang granular < 6 >	100% x 289236,880	289236,880
Lar. $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 20% < 7 >		50000
Ket : $\text{H}_2\text{O}$	40000	
$\text{Na}_2\text{CO}_3$ 20%	10000	

#### Bahan keluar

Asumsi : kandungan air dalam arang aktif wet 5%.

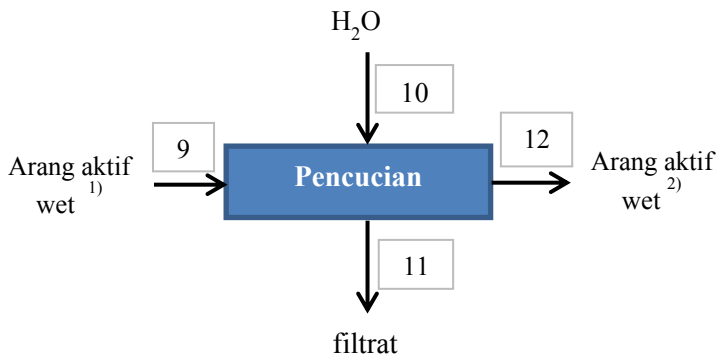
Aliran < 8 > dan < 9 >

Komponen	Komposisi (%)	Massa (gr)
Arang aktif wet < 9 >	$289236,880 + (5\% \times 289236,880)$	303698.724
Lar. $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 20% < 8 >	$50000 - 14461.844$	35538



**Neraca Massa Proses Aktivasi**

Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
<b>Aliran &lt; 6 &gt; dan &lt; 7 &gt;</b>		<b>Aliran &lt; 8 &gt; dan &lt; 9 &gt;</b>	
Arang granular < 6 >	289236,880	Arang aktif wet < 9 >	303698,724
Lar. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 20% < 7 >	50.000	Lar. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 20% < 8 >	35538,156
<b>Jumlah</b>	<b>339236,880</b>	<b>Jumlah</b>	<b>339236,880</b>

**A.1.4 Neraca Massa Proses Pencucian****Bahan masuk****Aliran < 9 > dan < 10 >**

Komponen	Komposisi (%)	Massa (gr)
Arang aktif wet <sup>1)</sup> <9>	100% x 303698,724	303698,724
Massa H <sub>2</sub> O <10>		723403,38

Ket :

- volume 724200 ml
- ρ air 25°C 0,9989 gr/ml

### Bahan keluar

Asumsi : kandungan air dalam arang aktif wet 5%

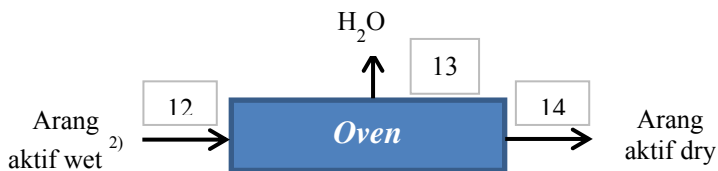
**Aliran < 11 > dan < 12 >**

Komponen	Komposisi (%)	Massa (gr)
Filtrat <11>		687233,211
Ket :		
- Volume	95% x 724200 ml	687990,000
- $\rho$ air 25°C	0,9989 gr/ml	
Arang aktif wet <sup>2)</sup> <12>	303.698,724+(5%*723403,38)	339868,893

### **Neraca Massa Proses Pencucian**

Masuk	Massa (gr)	Keluar	Massa (gr)
<b>Aliaran &lt; 9 &gt; dan &lt; 10 &gt;</b>		<b>Aliran &lt; 11 &gt; dan &lt; 12 &gt;</b>	
Arang aktif wet <sup>1)</sup> < 9 >	303698,724	Filtrat < 11 >	687233,211
H <sub>2</sub> O < 10 >	723403,380	Arang aktif wet <sup>2)</sup> < 12 >	339868,893
<b>Jumlah</b>	<b>1027102,104</b>	<b>Jumlah</b>	<b>1027102,104</b>

### **A.1.5 Neraca Massa Proses Pengeringan**



### Bahan masuk oven

**Aliran < 12 >**

Komponen	Komposisi (%)	Massa (gr)
Arang aktif wet <sup>2)</sup> <12>	100% x 339868,893	339868,893

**Bahan keluar oven****Aliran < 13 >**

<b>Komponen</b>	<b>Komposisi (%)</b>	<b>Massa (gr)</b>
Arang aktif dry <13>	96,1% x 339868,893	326614,006

Massa air setelah drying adalah :

(339868,893 – 326614,006) 13254,887

Kadar air dalam arang aktif setelah drying 3,9 %

Ket : kadar air = 3,9 % diperoleh dari hasil percobaan.

**Neraca Massa Proses Pengeringan**

<b>Masuk</b>	<b>Massa (gr)</b>	<b>Keluar</b>	<b>Massa (gr)</b>
<b>Aliran &lt; 12 &gt;</b>		<b>Aliran &lt; 13 &gt;</b>	
Arang aktif wet < 12 >	339868,893	Arang aktif dry < 14 > H <sub>2</sub> O teruapkan < 13 >	326614,006  13254,887
<b>Jumlah</b>	<b>339868,893</b>	<b>Jumlah</b>	<b>339868,893</b>

## APPENDIKS B NERACA PANAS

### B. Neraca Panas

#### B.1 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Kapasitas bahan baku	= 650.000 gram
Waktu operasi	= 200 hari operasi; 7 jam/hari
$T_{in}$	= 30°C
$T_{ref}$	= 25°C
$T_{out}$	= 300°C

**Tabel B.1** Komposisi Kimia Tempurung Siwalan :

Kandungan	Komposisi (%)	Fraksi
Selulosa	11,90	0,119
Air	13,80	0,138
Abu	4,46	0,045
Karbon	44,58	0,446
Bahan volatile	23,85	0,239
lain-lain	1,41	0,014
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>1</b>

(Balai Penelitian dan Konsultasi Industri, 2015)

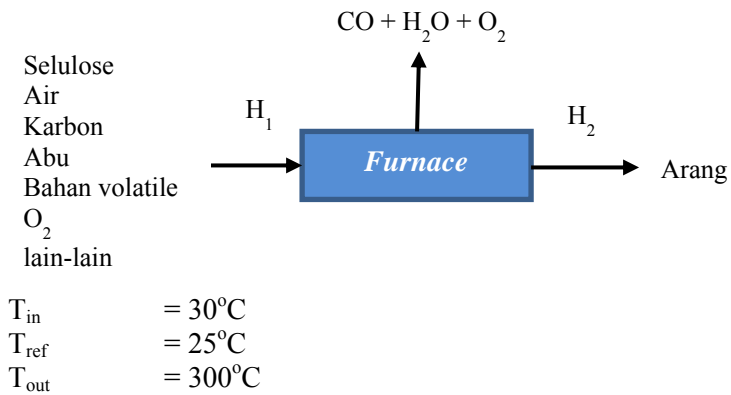
**Tabel B.2** Komposisi Berat Tempurung Siwalan

Kandungan	Komposisi (%)	Massa (gram)
Selulosa	11,90	77350
Air	13,80	89700
Karbon	44,58	289770
Abu	4,46	28990
Bahan volatile	23,85	155025
Lain-lain	1,41	9165
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>650000</b>

**Tabel B.3** Nilai Cp

Komponen	Cp (Cal/gr °C)
Selulose	0,32
H <sub>2</sub> O	0,9987
Karbon	0,12
Abu	0,65
Bahan Volatile	1,645
CO	0,5604
H <sub>2</sub> O (g)	0,95
O <sub>2</sub>	0,22

(Perry, 1997)

**B.1 FURNACE****1. Panas Tempurung Siwalan****Panas masuk**

$$T_{\text{in}} = 30^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C}$$

$$H = m \text{ Cp } \Delta T$$

$$H \text{ selulosa} = 78456,233 \times 0,32 \times 5 = 123760 \text{ cal}$$

$$H \text{ air} = 90982,858 \times 0,9987 \times 5 = 447916,950 \text{ cal}$$

$H_{\text{karbon}} = 293914,190 \times 0,12 \times 5 = 173862 \text{ cal}$   
 $H_{\text{abu}} = 29404,605 \times 0,65 \times 5 = 94217,500 \text{ cal}$   
 $H_{\text{bahan volatile}} = 157242,114 \times 1,645 \times 5 = 1275080,625 \text{ cal}$   
 $H_{O_2} = 18334,815 \times 0,22 \times 5 = 20168,297 \text{ cal}$

Kandungan	Massa (gr)	Cp (Cal/gr °C)	$\Delta T$ (°C)	H (Cal)
Selulosa	77350,000	0,32	5	123760
Air	89700,000	0,9987	5	447916,950
Karbon	289770,000	0,12	5	173862
Abu	28990,000	0,65	5	94217,500
Bahan volatile	155025,000	1,645	5	1275080,625
O <sub>2</sub>	18334,815	0,22	5	20168,297
<b>Total H<sub>1</sub></b>				<b>2135005,372</b>

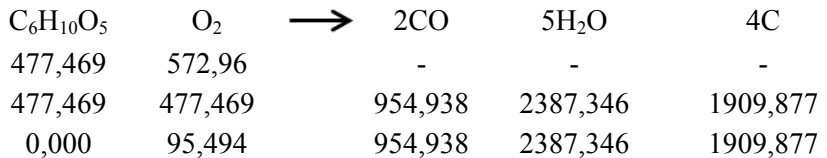
### Panas keluar

Asumsi : *Excess O<sub>2</sub> 20%*

T<sub>in</sub> = 25°C

T<sub>out</sub> = 300°C

Reaksi :



Keluaran Selulose	Mol	BM	Massa (gr)
O <sub>2</sub>	95,494	32	3055,802
CO	954,938	28	26738,272
H <sub>2</sub> O	2387,346	18	42972,222
C	1909,877	12	22918,519

Kandungan	Massa (gr)	Cp (Cal/gr °C)	ΔT (°C)	H (Cal)
O <sub>2</sub>	3055,802	0,22	275	184876,049
CO	26738,272	0,5604	275	4120635,037
H <sub>2</sub> O	42972,222	0,9987	275	11801998,542
C	22918,519	0,12	275	756311,111
<b>Total H<sub>2</sub></b>	<b>95684,815</b>			<b>16863820,739</b>

$$\Delta H_f \text{ CO} = -26,4157 \text{ cal}$$

$$\Delta H_f \text{ H}_2\text{O} = -57,7979 \text{ cal}$$

$$\Delta H_f \text{ C} = -0,453 \text{ cal}$$

$$\Delta H_f \text{ C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 = -23,0202 \text{ cal}$$

(Hougen, 1954)

$$\Delta H_f \text{ reaksi} = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan}$$

ΔH<sub>f</sub> produk

$$\Delta H_f \text{ CO} = 954,938 \times (-26,4157) \text{ cal} = -25225,363 \text{ cal}$$

$$\Delta H_f \text{ H}_2\text{O} = 2387,346 \times (-57,7979) \text{ cal} = -137983,567 \text{ cal}$$

$$\Delta H_f \text{ C} = 1909,877 \times (-0,453) \text{ cal} = \underline{-865,174} +$$

$$-164074,104 \text{ cal}$$

ΔH<sub>f</sub> reaktan

$$\Delta H_f \text{ selulosa} = 477,469 \times (-23,0202) = -10991,435 \text{ cal}$$

$$H_{\text{in}} = 2135005,372 \text{ cal}$$

$$H_{\text{out}} = 16863820,739 \text{ cal}$$

$$H_{\text{reaksi}} = -153082,669 \text{ cal}$$

$$H_{\text{in}} + H_{\text{supply}} = H_{\text{out}} + H_{\text{reaksi}} + Q_{\text{loss}}$$

$$2135005,372 + Q_{\text{supply}} = 16863820,739 - 153082,669 +$$

$$0,05Q_{\text{supply}}$$

$$0,95Q_{\text{supply}} = 16863820,739 - 153082,669 - 2135005,372 \text{ cal}$$

$$0,95Q_{\text{supply}} = 14881898,036$$

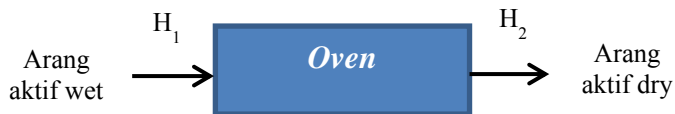
$$Q_{\text{supply}} = 15665155,828 \text{ cal}$$

$$Q_{\text{loss}} = 0,05Q_{\text{supply}}$$

$$Q_{\text{loss}} = 783257,791 \text{ cal}$$

Masuk	Panas (cal)	Keluar	Panas (cal)
H <sub>1</sub>	2135005,372	H <sub>2</sub>	16863820,739
Q supply	15665155,828	ΔHr	153082,669
		Q loss	783257,791
<b>Total</b>	<b>17800161,199</b>		<b>17800161,199</b>

## B.2 OVEN



### Panas masuk

$$T_{\text{in}} = 30^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ref}} = 25^{\circ}\text{C}$$

Komponen	Massa (gr)	Cp (Cal/gr °C)	ΔT (°C)	H (Cal)
Arang Aktif Wet	339868,893	0,12	5	203921,336
<b>Total H<sub>1</sub></b>	<b>339868,893</b>			<b>203921,336</b>

### Panas keluar

$$T_{\text{ref}} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{out}} = 105^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Massa H}_2\text{O} = 13254,887 \text{ gram}$$

$$\lambda = 538,476 \text{ cal/gr}$$

$$C_{p\text{liq}} = 0,9987 \text{ cal/gr}$$



$$C_{p_{\text{uap}}} = 0,95 \text{ cal/gr}$$

$$H_2O \text{ yang teruapkan} = (m \times C_{p_{\text{liq}}} \times \Delta T) + (m \times \lambda) + (m \times C_{p_{\text{uap}}} \times \Delta T)$$

$$H_2O \text{ yang teruapkan} = (13254,887 \times 0,9987 \times 80) + (13254,887 \times 538,476) + (13254,887 \times 0,95 \times 80)$$

$$H_2O \text{ yang teruapkan} = 9203822,396 \text{ cal}$$

Komponen	Massa (gr)	Cp (Cal/gr °C)	ΔT (°C)	H (Cal)
Arang Aktif Dry	326614,006	0,12	80	3135494,458
H <sub>2</sub> O teruapkan	13254,887			9203822,396
<b>Total H<sub>2</sub></b>	<b>339868,893</b>			<b>12339316,854</b>

$$H_{\text{in}} = 203921,336 \text{ cal}$$

$$H_{\text{out}} = 12339316,854 \text{ cal}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{in}} + H_{\text{supply}} &= H_{\text{out}} + Q_{\text{loss}} \\ 203921,336 + Q_{\text{supply}} &= 12339316,854 + 0,05Q_{\text{supply}} \\ 0,95Q_{\text{supply}} &= 12339316,854 - 203921,336 \\ 0,95Q_{\text{supply}} &= 12135395,518 \text{ cal} \\ Q_{\text{supply}} &= 12774100,545 \text{ cal} \\ Q_{\text{loss}} &= 0,05Q_{\text{supply}} \\ Q_{\text{loss}} &= 638705,027 \text{ cal} \end{aligned}$$

Masuk	Panas (cal)	Keluar	Panas (cal)
H <sub>1</sub>	203921,336	H <sub>2</sub>	12339316,854
Q supply	12774100,545	Q loss	638705,027
<b>Total</b>	<b>12978021,881</b>		<b>12978021,881</b>

## APPENDIKS C NERACA MASSA

### C.1 Uji kualitas karbon aktif tempurung siwalan

#### 1. Kadar air karbon aktif dengan aktivasi $\text{ZnCl}_2$ 5%

Berat cawan + karbon aktif ( $M_1$ ) = 22,8494 gr  
(sebelum di oven)

Berat cawan + karbon aktif ( $M_2$ ) = 22,8408 gr  
(setelah di oven)

Berat cawan kosong ( $M_3$ ) = 21,8425 gr

$$\% \text{ kadar air} = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_3} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \% \text{ kadar air} &= \frac{22,8494 - 22,8408}{22,8494 - 21,8425} \times 100\% \\ &= 0,8541 \% \end{aligned}$$

Jadi kadar air karbon aktif tempurung siwalan dengan aktivasi  $\text{ZnCl}_2$  5% sebesar 0,8541 %

Untuk kadar air dengan konsentrasi aktivasi  $\text{ZnCl}_2$  10%; 15%; 20%; 25% dan 30% serta  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5%; 10%; 15%; 20%; 25% dan 30% dilakukan perhitungan yang sama.

#### 2. Kadar abu karbon aktif

Berat cawan + abu ( $M_1$ ) = 21,8469 gr  
(setelah di furnace)

Berat cawan kosong ( $M_2$ ) = 21,8425 gr

Berat cawan + karbon aktif ( $M_3$ ) = 22,0952 gr  
(sebelum di furnace)

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{M_1 - M_2}{M_3 - M_2} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \% \text{ kadar abu} &= \frac{21,8469 - 21,8425}{22,0952 - 21,8425} \times 100\% \\ &= 0,4407 \% \end{aligned}$$

Jadi kadar abu tempurung siwalan dengan aktivasi  $\text{ZnCl}_2$  5% sebesar 0,4407%.

Untuk kadar abu dengan konsentrasi aktivasi  $\text{ZnCl}_2$  10%; 15%; 20%; 25% dan 30% serta  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5%; 10%; 15%; 20%; 25% dan 30% dilakukan perhitungan yang sama.

### 3. Kadar Zat Menguap

Berat karbon aktif ( $M_1$ ) = 1,0075 gr

Berat karbon aktif ( $M_2$ ) = 0,8873 gr

Setelah pemanasan sampai suhu  $950^\circ\text{C}$

Bagian yang hilang pada pemanasan  $950^\circ\text{C}$ , %

$$= \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Kadar zat menguap} &= \frac{1,0075 - 0,8873}{1,0075} \times 100\% \\ &= 11,9305 \% \end{aligned}$$

Jadi, bagian yang hilang pada pemanasan  $950^\circ\text{C}$  dengan aktivasi  $\text{ZnCl}_2$  5% sebesar 11,9305%.

Untuk kadar zat menguap dengan konsentrasi aktivasi  $\text{ZnCl}_2$  10%; 15%; 20%; 25% dan 30% serta  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5%; 10%; 15%; 20%; 25% dan 30% dilakukan perhitungan yang sama.

### 4. Karbon aktif murni

Karbon aktif murni (*fixed carbon*), % =  $100 - (A + B + C)$

Dimana :

A = Kadar yang hilang pada pemanasan  $950^\circ\text{C}$ , %

B = Kadar Abu, %

C = Kadar Air, %

Nilai : A = 11,9305 %

B = 0,4407 %

C = 0,8541 %

$$\begin{aligned} &\text{Karbon aktif murni, \%} \\ &= 100 - (11,9305 + 0,4407 + 0,8541) \\ &= 86,77 \% \end{aligned}$$

## 5. Bilangan Iodin

$$\begin{aligned} &\text{Molaritas Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 0,125 \text{ M} \\ &\text{Berat molekul I}_2 = 12,693 \\ &\text{Volume Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 15 \text{ ml} \\ &\text{Molaritas I}_2 = 0,1 \text{ M} \\ &\text{Berat karbon aktif} = 0,25 \text{ gr} \\ &\text{Menghitung daya serap terhadap Iodin pada ZnCl}_2 \text{ 5\%.} \\ &\text{Daya serap terhadap iodin} \\ &= \frac{(10 - (V \cdot \text{Thiox} \cdot M \cdot \text{Thio}) \cdot 12,693 \cdot 2,5 \cdot \text{beratsampel})}{M \cdot I_2} \cdot 100\% \\ &= \frac{(10 - 15 \cdot 0,125) \cdot 12,693 \cdot 2,5 \cdot 0,25}{0,1} \cdot 100\% \\ &= 644,566 \text{ mg / g} \end{aligned}$$

## B. Perhitungan percobaan

### 1. Tahap Pembuatan Larutan

a. Membuat larutan aktivator ZnCl<sub>2</sub> 5% sebanyak 50 gram.

$$\begin{aligned} - \text{Massa ZnCl}_2 &= \frac{5}{100} \times 50 = 2,5 \text{ gram} \\ - \text{Massa air} &= (50 - 2,5) \text{ gram} = 47,5 \text{ gram} \\ - \text{Volume air yang ditambahkan} &= \frac{m_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}} = \frac{47,5 \text{ gr}}{0,998 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}} \\ &= 47,595 \text{ ml} = 47,6 \text{ ml} \end{aligned}$$

Selanjutnya membuat larutan aktivator ZnCl<sub>2</sub> dengan konsentrasi 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% sebanyak 50 gram.

- b. Membuat larutan aktivator  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5% sebanyak 50 gram.

$$\begin{aligned}
 - \text{Massa } \text{Na}_2\text{CO}_3 &= \frac{5}{100} \times 50 = 2,5 \text{ gram} \\
 - \text{Massa air} &= (50 - 2,5) \text{ gram} = 47,5 \text{ gram} \\
 - \text{Volume air yang ditambahkan} &= \frac{m_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}} = \frac{47,5 \text{ gr}}{0,998 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}} = \\
 &= 47,595 \text{ ml} = 47,6 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya membuat larutan aktivator  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan konsentrasi 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% sebanyak 50 gram.

- c. Membuat larutan KI 0,1N kedalam 250 ml.

$$\begin{aligned}
 N &= M \cdot e \\
 0,1 &= M \cdot 1 \\
 M &= 0,1 \\
 M &= \frac{\text{gr}}{\text{BM}} \times \frac{1000}{V} \\
 0,1 &= \frac{\text{gr}}{166} \times \frac{1000}{250} \\
 \text{gr} &= 4,15 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

- d. Membuat larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,1N sebanyak 250 ml.



$$\begin{aligned}
 N &= M \cdot e \\
 0,1 &= M \cdot 1 \\
 M &= 0,1 \\
 M &= \frac{\text{gr}}{\text{BM}} \times \frac{1000}{V} \\
 0,1 &= \frac{\text{gr}}{158} \times \frac{1000}{250} \\
 \text{gr} &= 3,95 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Ika Silvia Anggraeni dilahirkan di Lamongan, tanggal 22 Oktober 1993, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Mempunyai hobby menulis, membaca, dan memasak. Dan mempunyai motto hidup *“Nikmati setiap proses dalam hidupmu, maka kesuksesan akan datang dengan sendirinya”*. Dan bercita-cita ingin bekerja di perusahaan *oil and gas* dan mendirikan pengusaha *biofuel* terbaik di Indonesia. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu : TK. Dharma Wanita Tuban, SDN Mondokan Tuban, SMP Negeri 5 Tuban, SMA Negeri 2 Tuban. Setelah lulus tahun 2012, penulis mengikut seleksi ujian masuk ITS dan diterima di Program Studi DIII Teknik Kimia FTI-ITS dan terdaftar dengan NRP 2312 030 066. Penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan keorganisasian di ITS, diantaranya sebagai Staff Departemen Sosial Masyarakat BEM FTI-ITS periode 2013/2014, sebagai Staff Bidang Humas HIMA DEKKIM periode 2013/2014, sebagai Staff Ahli Bidang Humas HIMA DEKKIM periode 2014/2015 dan aktif dalam kegiatan-kegiatan yang bersifat akademis ataupun kegiatan-kegiatan penunjang *softskill* baik di HIMA D3KKIM sendiri maupun diluar DEKKIM.

Email : [ikasilvia22@gmail.com](mailto:ikasilvia22@gmail.com)

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Linda Eka Yuliana dilahirkan di Lamongan, tanggal 16 Juli 1994, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu : TK. Tunas Jaya Surabayan, SDN II Surabayan, MTS Negeri Model Babat, MAN Lamongan. Setelah lulus tahun 2012, penulis mengikut seleksi ujian masuk ITS dan diterima di Program Studi

DIII Teknik Kimia FTI-ITS dan terdaftar dengan NRP 2312 030 076.

Email : [09.lindaekayuliana.xj@gmail.com](mailto:09.lindaekayuliana.xj@gmail.com)